Written in accordance with the Syllabus of Cla· XI
Schools with diversified course.

প্রাথমিক রসায়ন

[Chemistry—For Class IX]

প্রথম খণ্ড

শ্রীসমর গুহ, এম্. এস-সি.

যাদবপুর বিশ্ববিদ্যালয়ের রসায়নের অধ্যাপক, প্রাক্তন অধ্যাপক
বিজয়গড় জ্যোতিষ রায় কলেজ, জগন্নাথ কলেজ ;
'পদার্থের স্বরূপ,' 'উত্তরাপথ', 'নেতাজীর মত
ও পথ' প্রভৃতি গ্রন্থের প্রণেতা।

বুক সিণ্ডিকেট প্রাইভেট লিমিটেড

৬, রমানাথ মজুমদার স্ট্রীট : কলিকাতা-৯

সূচীপত্র

HIGHER SECONDARY SCIENCE COURSE

[For Class XI Schools]

CHEMISTRY SYLLABUS

FOR CLASS IX

Board of Secondary Education, West Bengal

Course Content	Notes
1. The role of chemistry in modern life.	(D—Demonstration by teacher) Brief reference to contributions of Chemistry to : (a) improved health and sanitation, (b) supply of food-stuff, (c) increase in comfort, convenience and pleasures, (d) increased efficiency of technical process etc.
2. Common laboratory processes : decantation, filtration. extraction, vaporization, crystallization, distillation and sublimation.	D. Familiarity with : (i) Vessels for holding, and those for measuring liquids : retort, Woulff's bottle, evaporating dish, funnel, etc. (ii) Burners, Heating and evaporating appliances. D—Relevant experiments and the use of those processes etc.
3. (a) Physical states of matter : melting and boiling points.	
(b) Identification of matter : Physical and chemical properties.	D—To show how solids, liquids and gases differ in their physical properties (e. g. touch, colour, smell, solubility, magnetic reaction, etc.), and chemical properties (e.g., behaviour on heating treatment with acids, alkalis, and other reagents)

Course Content	Notes
(c) Physical and chemica changes.	The following changes may be illustrative : melting of ice and wax, burning of coal, conversion of water, of steam, rusting of iron, magnetisation of iron, heat ; the filament of an electric bulb by electric current, heating of copper wire and platinum wire by Bunsen flame, slaking of lime. Brief mention of factors that induce and regulate chemical change e. g., close contact, temperature, pressure, catalysis etc.
(d) Chemical compounds and mechanical mixtures.	D—Study of the difference between a mixture and a compound of iron and sulphur.
(e) Elements and compounds.	
(f) Metals and non-metals.	Only an elementary idea at this stage.
4. Study of air. (a) Air is not an element : it contains oxygen and nitrogen. (b) Proportion (by volume) of these gases in air.	D—(i) Increase in weight during the burning of magnesium in air. (ii) Experiment with burning phosphorus in air inside a bell-air. (iii) Chart of Lavoisier's bell-jar experiment.
(c) Air is a mixture of oxygen and nitrogen.	
Other gases present in the atmosphere.	Only names of these gases are required.
5. Oxygen.	
(a) Preparation (from mercuric oxide and from potassium chlorate ; catalysis (only definition and illustration). Commercial preparation from liquid air.	Apparatus for liquifaction is not required, nor also details of fractionation of the liquid.

Course Content	Notes
Properties and uses.	D—The burning of charcoal, sulphur, phosphorus, magnesium, sodium and iron. Testing the product with water and litmus.
(*b*) Oxide ; may be gaseous, solid or liquid, Acidic basic oxides.	
6. Nitrogen.	
Preparation (from air and from ammonium compound), properties. Atmospheric nitrogen is mixed with heavier and inert gases.	
Study of water.	
(i) Water as a solvent.	
(a) Solution. Separation of a solution into solute and solvent (by evaporation, distillation, crystallisation etc.)	Simple examples of fractional distillation will be included.
Atmospheric gases dissolved in water, their biological significance.	The emphasis is on the solubility of gases in water.
Solvents for fats, oils, paints and lacquers.	No knowledge of the chemistry of the solutes or of the solvents is expected. The emphasis is on examples of solvents other than water.
(b) Saturated, unsaturated and supersaturated solutions.	D—Preparation of a supersaturated solution of sodium thiosulphate at the room temptemperature.
Concentration of solutions ; solubility ; solubility curves.	D—(i) Solubility at room temperature. (ii) Chart of apparatus for determination of solubility at temperatures higher and lower than room temparature.
(e) Qualitative study of the effects of temperature and pressure on solubility of gases in liquids: and of the effect of solutes on freezing and boiling points of solvents.	

Course Content	Notes
(d) Collódial solution and true solutions.	Simple ideas of size of particles. Some every day examples of colloids.
(e) Water of crystallisation. (Efflorescence and deliquescence).	D—Estimation of water of crystailisation (e. g of alum).
(f) Natural waters, Purification of water.	Mention to be made of hard and soft water, which will be studied later.
(ii) Action of water on oxides on non-metals and metals	
(iii) Water as compound.	
(a) Action of metals on water.	D—Action of sodium (evolved gas to be collected and burnt) Chart of action of steam on red-hot iron.
(b) Electrolysis of water. Composition by volume.	
(c) Composition of water by weight.	D—(i) Action of hydrogen on heated copper oxide. (ii) Chart of Dumas experiment.
Hydrogen.	
(a) Preparation (from dilute acids and from water) properties and uses.	
(b) Reduction in terms of removal of oxygen or addition of hydrogen ; oxidation in terms of the reverse processes,	
(c) Nascent state (elementary idea only).	
9. (a) Atoms, Molecules. Elementary idea of atomic weight and molecular weight.	
Symbols, formulae, valency (defination and examples).	
(b) Percentage composition.	
(c) Calculation of empirical formula of a compound from its composition by weight.	
(d) Chemical equations. Simple calculations evolving weights of substances in chemical reactions.	

রসায়ন বিজ্ঞান

রসায়নের বিস্ময়

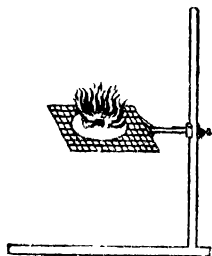
তোমরা রসায়ন পড়িবে। তার আগে রসায়নের কয়েকটি চমকপ্রদ পরীক্ষা দেখ :

পরীক্ষা 1 : এক বাটি জল লও। তার মধ্যে চিমটি দিয়া ধরিয়া ছোট এক টুকরা পটাসিয়াম ফেলিয়া দাও। দেখিবে, পটাসিয়াম-টুকরাটি হিস্ হিস্ শব্দ করিয়া ভাসিতে ভাসিতে জলের উপর দীপ্ত শিখায় জ্বলিয়া উঠিবে।

জলের বুকে অগ্নিশিখা

পরীক্ষা 2 : একটি পরীক্ষা-নলে কয়েক দানা পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট লও। নলে জল ঢালিয়া নলটি ঝাঁকাও। পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট দানা জলে গলিয়া যাইবে এবং তরলের রঙটি দেখিতে হইবে লাল-আভা-যুক্ত বেগুনী। এরূপ রঙিন তরলের মধ্যে কয়েক দানা দস্তা বা জিংক ফেল এবং নলের মধ্যে ধীরে ধীরে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ঢাল। দেখিবে, তরলের মধ্যে ভুর ভুর করিয়া গ্যাস সৃষ্টি হইতে আরম্ভ করিয়াছে এবং কিছুক্ষণের মধ্যেই তরলের বেগুনী রঙ বর্ণহীন হইয়া গিয়াছে।

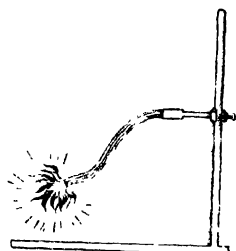
লাল বর্ণের বিরঞ্জন

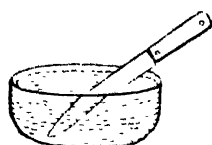
পরীক্ষা 3 : একটি অ্যাস্‌বেস্টস-মাখা তারজাল লও এবং তার উপরে পাঁচ-সাত টুক্‌রা আইয়োডিনের কুচি রাখ। ছোট এক টুকরা ফসফরাস চিমটা দিয়া ধরিয়া অসংলগ্নভাবে এই আইয়োডিন কুচির পাশে রাখ। প্রথমে কিছু ঘটিবে না। চিমটা দিয়া ফসফরাসের টুকরাটি ধরিয়া একেবারে আইয়োডিন কুচির গায়ে লাগাইয়া দাও। যেই ফসফরাস আইয়োডিনের সংস্পর্শে আসিবে

বিনা অগ্নিতে বিস্ফোরণ

অমনি দাউ দাউ করিয়া আগুন জ্বলিয়া উঠিবে। এই আগুন জ্বালাইবার জন্য কোন দেয়াশলাই-এর কাঠি জ্বালানো দরকার হয় না। ফসফরাস ও আইয়োডিন একত্র করিলে আগুন জ্বলিয়া উঠে।

পরীক্ষা 4: একটি চিনামাটির বাটিতে এক চামচ তরল কার্বন ডাই-সালফাইড লও। একটি কাচের শলা কড়া তাপে গরম কর এবং গরম শলাটি তরলের মধ্যে ডুবাইয়া দাও। গরম শলার ছোঁয়ায় মুহূর্তের মধ্যে তরলটি মৃদু শিখায় জ্বলিতে আরম্ভ করিবে।

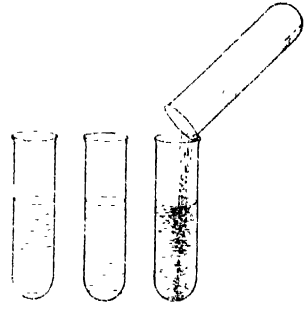
মৃদু আলোর অগ্নি-শিখা

পরীক্ষা 5: একটি ম্যাগনেসিয়াম রীবন বা ফিতা লও এবং রীবনটি একটি ক্ল্যাম্পের মুখে আটকাও। এখন একটি দিয়াশলাই-এর কাঠি জ্বালাইয়া রীবনটির মাথা ধরাইয়া দাও। আগুন ধরিবার সঙ্গে সঙ্গে বীরনটি সাদা আলোর তীব্র রশ্মি ছড়াইয়া জ্বলিতে আরম্ভ করিবে। এই রশ্মি এত শুভ্র ও উজ্জ্বল যে, তাহাতে চোখ ঝলসাইয়া যাইবে। দীপান্বিতার সময় নিশ্চয়ই তোমরা এরূপ তীব্র আলোর ঝরণা দেখিয়াছ। সেই আলোতেও এইরূপ ম্যাগনেসিয়াম থাকে।

চোখ-ঝলসানো আলোক-শিখা

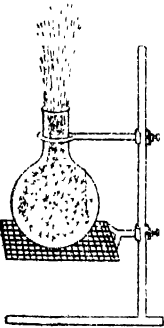
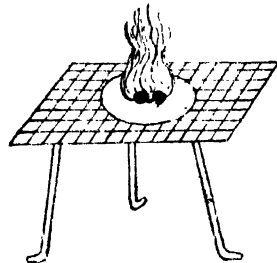
পরীক্ষা 6: একটি পরীক্ষা-নলে কিছু জল লও এবং ইহার মধ্যে নীল লিটমাস মিশাও। নীলবর্ণের তরলের মধ্যে কয়েক ফোঁটা হাইড্রো-ক্লোরিক বা সালফিউরিক বা নাইট্রিক অ্যাসিড ফেল। জলের নীল রঙ্ মুহূর্তের মধ্যে লাল হইয়া যাইবে। এই লাল জলে পর্যাপ্ত পরিমাণে যে-কোন ক্ষার, যেমন কষ্টিক পটাস বা কষ্টিক সোডা মিশাও। জলের রঙ আবার নীল হইয়া যাইবে।

পরীক্ষা 7: একটি কাচের বাটিতে তুঁতে গুলিয়া বেশ ঘন করিয়া জাল দাও। নীল তুঁতে-জলের মধ্যে একটি ইস্পাতের ছুরি ডুবাইয়া রাখ। কিছুক্ষণ পরে দেখিবে, ছুরির পাতে তামার আস্তরণ পড়িয়াছে।

লোহার উপর তামার প্রলেপ

পরীক্ষা 8: একটি পরীক্ষা-নলে কয়েক দানা পরিষ্কার লবণ লও এবং তাহার মধ্যে জল মিশাও। আরেকটি পরীক্ষা-নলে তেমনি কয়েক দানা সিলভার নাইট্রেট লও এবং

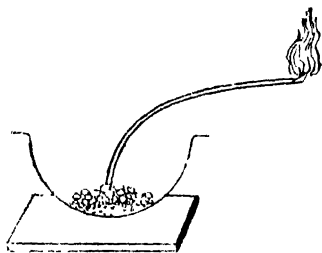
জল মিশাও। দুটি নলেই লবণ-জল ও সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ দেখিতে হইবে স্বচ্ছ ও বর্ণহীন। এখন ধীরে ধীরে একটি নলের তরল আরেকটিতে ঢাল। দেখিবে, বর্ণহীন স্বচ্ছ তরল দুধের মত সাদা হইয়া যাইবে এবং সাদা পদার্থটি জলের নীচে পড়িতে আরম্ভ করিবে। এই তরলে বেশী করিয়া অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইড মিশাও। সাদা পদার্থ দ্রবীভূত হইয়া যাইবে এবং তরলটি দেখিতে হইবে পরিস্রুত জলের মত স্বচ্ছ।

স্বচ্ছ তরলের বর্ণান্তর

পরীক্ষা 9 : একটি পরীক্ষা-নলে কয়েক দানা মারকিউরিক ক্লোরাইড লও এবং জলে দ্রবীভূত কর। অন্য একটি নলে পটাসিয়াম আইয়োডাইড দানা লও এবং জলের সঙ্গে মিশাও। মারকিউরিক ক্লোরাইডের মধ্যে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া পটাসিয়াম আইয়োডাইড দ্রবণ ফেল। দেখিবে, স্বচ্ছ ও বর্ণহীন তরল একটু একটু করিয়া লাল হইয়া যাইবে। এই গাঢ় লাল বর্ণের পদার্থে বেশী করিয়া পটাসিয়াম আইয়োডাইড ঢাল। দেখিবে, লাল পদার্থ আবার আকস্মিকভাবে স্বচ্ছ ও বর্ণহীন তরলে পরিণত হইবে।

পরীক্ষা 10 : আধ চামচ অ্যালুমিনিয়াম পাউডারের সঙ্গে আধ চামচ আইয়োডিনের গুঁড়া ভাল করিয়া মিশাও। অ্যালুমিনিয়াম ও আইয়োডিনের এই মিশ্রণ একটি শুষ্ক বোতলে ঢাল। মিশ্রণটি সাত আট ফোঁটা জল দিয়া ভিজাও এবং বোতলটি বার কয়েক ঝাঁকাইয়া রাখিয়া দাও। কিছুক্ষণের মধ্যেই বোতলটি বেগুনী রঙের ধোঁয়ায় ভরিয়া যাইবে এবং তার মধ্যে মাঝেমাঝে আলোর ফুলকি চিকৃচিক্ করিতে দেখা যাইবে।

আগুনের ফুল্‌কি

পরীক্ষা 11 : এক চামচ চিনির সঙ্গে এক-চামচ পটাসিয়াম ক্লোরেট গুঁড়া মিশাও। এই মিশ্রণ একটি অ্যাস্‌বেস্টস্‌-লেপা তার

বিস্ফোরক মিশ্রণ

জালের উপর রাখ। একটি কাচের শলা দিয়া এক ফোঁটা ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড এই মিশ্রণের উপর ফেল। দেখিবে, মুহূর্তের মধ্যে মিশ্রণটি দাউ দাউ করিয়া গাঢ় লাল রঙের আগুনের শিখায় জ্বলিয়া উঠিবে।

পরীক্ষা 12 : তিন চামচ কড়কড়ে শুক্‌নো লোহার মরিচা (ফেরিক অক্সাইড) লও এবং তার সঙ্গে তিন চামচ অ্যালুমিনিয়াম পাউডার ভাল করিয়া মিশাও। এই মিশ্রণটি একটি মাটির মালসার মধ্যে স্তূপ করিয়া রাখ। এই স্তূপের মাথায় সিকি চামচ পটাসিয়াম ক্লোরেট রাখ। এই পটাসিয়াম ক্লোরেটের মধ্যে এক টুকরা ম্যাগনেসিয়াম রীবনের একটি মাথা ঢুকাইয়া দাও। এই ম্যাগনেসিয়াম রীবনটি হইল মরিচা ও অ্যালুমিনিয়ামের মিশ্রণকে জ্বালাইবার সলিতা। ম্যাগনেসিয়াম রীবনের আরেক মাথায় পাটকাঠি দিয়া আগুন ধরাইয়া দাও। ম্যাগনেসিয়াম রীবন জ্বলিতে জ্বলিতে ইহার আগুনের শিখা যেই স্তূপটিকে স্পর্শ করিবে অমনি অজস্র ফুলকি সহ স্তূপটি প্রদীপ্ত শিখায় তুবড়ীর মত জ্বলিয়া উঠিবে।

তুবড়ী বিস্ফোরক

পরীক্ষা 13 : এক চামচ মারকিউরিক থায়োসায়ানেটের মধ্যে কয়েক ফোঁটা গামের আঠা মিশাও এবং আঠা দিয়া মাখিয়া মটরের দানার আকারের কয়েকটি বড়ি বানাও। এই বড়িগুলি শুকাইয়া লও। শুষ্ক একটা বড়ির গায়ে দিয়াশলাই-এর কাঠি দিয়া আগুন ধরাইয়া দাও। দেখিবে, মটরদানার মত পদার্থটি সাপের ন্যায় কুণ্ডলী পাকাইয়া কেমন মস্ত বড় হইয়া যায়। এই স্ফীত কুণ্ডলীকে বলে 'ফ্যারাও-এর সাপ'।

'ফ্যারাও-এর সাপ'

রাসায়নিক ক্রিয়ার এই দৃশ্যগুলি দেখিলে। এগুলি রসায়নের কয়েকটি অতি সাধারণ পরীক্ষা মাত্র। তবুও কি বিস্ময়কর! কি চমকপ্রদ! যেন ম্যাজিকের মত। কিন্তু এর মধ্যে একটুও ম্যাজিক নাই। এগুলি কি এবং কেন এরূপ ঘটে তার সব কারণই বলা যায়। রসায়ন বিজ্ঞানের সঙ্গে পরিচয়

হইলে তোমরাও এরূপ অনেক পরীক্ষা করিতে পারিবে এবং উহার কারণও বলিতে পারিবে। বিজ্ঞানীর রসায়নাগারে, ডাক্তারের ডিস্‌পেন্সারীতে,—এমন কি মায়ের রান্নাঘরে পর্যন্ত অহরহ এরূপ দৃশ্য দেখা যায়। হলুদে-চুনে মিশাইলে লাল হইয়া যায়, তুবড়ী ও তারাবাতি স্ফুলিঙ্গ ছড়াইয়া জ্বলিয়া উঠে। পটকা দুম্ করিয়া ফাটিয়া যায়। চট্‌পটি ঘষিলেই জ্বলিয়া উঠে। তোমরাও নিশ্চয় এসব লক্ষ্য করিয়াছ। এ সবই রসায়নের কাজ।

রসায়ন বিজ্ঞান যাদুকরের খেলার চেয়েও পরম বিস্ময়ের বিদ্যা। উপরের পরীক্ষাগুলি তেমন কি আর চমকপ্রদ! প্রতিদিন রসায়নাগারে এরূপ কত বিচিত্র ও অদ্ভুত পরীক্ষা চলে। এই পরীক্ষাগুলি দেখিয়া আজ তোমাদের মনে নিশ্চয়ই কত প্রশ্ন, কত কৌতূহল জাগিয়াছে। তোমরা এই রহস্যের সব কিছুই জানিতে পারিবে, যখন রসায়নের সঙ্গে তোমাদের ঘনিষ্ঠ পরিচয় হইবে। এই বিস্ময়কর রসায়ন বিজ্ঞানটি কি, এবার সেই কথাই শোন।

রসায়ন বিজ্ঞান কি এবং কেন

আমাদের চারিপাশে বিরাট্ ও উদার প্রকৃতি। সূর্য আলো ছড়ায়, প্রদীপও আলো ছড়ায়। সেই আলোর সঙ্গে আবার উত্তাপের জন্ম হয়। মেঘলা আকাশে বিদ্যুৎ চমকায় এবং সঙ্গে সঙ্গে শোনা যায় বজ্রের প্রচণ্ড গর্জন। পাখী ডাকে, আমরাও কথা বলি,—তাতেও সৃষ্টি হয় শব্দ। এমনি আলো, উত্তাপ, বিদ্যুৎ ও শব্দ—এগুলি প্রকৃতির একটি বিশেষ দিকের পরিচয়। আমরা প্রকৃতির এই বিশেষ দিকটিকে বলি **শক্তি-রূপ** এবং আলো, উত্তাপ, বিদ্যুৎ ও শব্দকে বলা হয় **শক্তি** (Energy)।

প্রকৃতির আরেকটি পরিচয় আছে। সেই পরিচয়ে প্রকৃতি বিরাট্ ও বিস্তৃত। জল-বায়ু-মাটি, লতা-পাতা-গাছ, জীব-জন্তু-জানোয়ার—সমস্ত, পৃথিবীতে কত প্রাণহীন ও প্রাণময় বস্তু। প্রকৃতির এই বস্তু-পরিচয়কে বলা হয় **পদার্থ-রূপ** এবং পৃথিবীর প্রাণহীন ও প্রাণময় বস্তুরাশিকে বলা হয় **পদার্থ** (Matter)।

পৃথিবীর মূল উপাদান **শক্তি ও পদার্থ**। এই মূল উপাদান দুইটি মিলিয়া আমাদের বিশ্বপ্রকৃতি গঠিত। শক্তি কি এবং কিভাবে শক্তিকে মানুষের কাজে ব্যবহার করা যায়, তার সন্ধান করা **পদার্থ বিজ্ঞানের** (Physics) কাজ।

রসায়ন (Chemistry) : পদার্থের ধর্ম কি, কিভাবে অগণিত বস্তুরাশি গঠিত, এক বস্তুর সঙ্গে আর এক বস্তুর সংযোগে কোন্ নূতন বস্তু গঠিত হয়,

বিভিন্ন বস্তুকে নানাভাবে বিশ্লেষণ করিলে কি কি নূতন পদার্থ পাওয়া যায়, পৃথিবীর অগণিত বস্তুরাশি কিভাবে মানুষের কাজে ব্যবহার করা সম্ভব—সেই বিজ্ঞান-বিদ্যাই রসায়ন এবং এই সব বিষয়ে জ্ঞান অর্জন করাই রসায়ন বিজ্ঞানের কাজ ও উদ্দেশ্য।

রসায়নের বিভিন্ন শাখা: আমাদের পৃথিবী এত বিচিত্র বস্তু দ্বারা গঠিত এবং এই সব বস্তু লইয়া রসায়নে এত গবেষণা হইয়াছে ও হইতেছে যে, রসায়ন-বিজ্ঞান আকারে অনেক বড় হইয়া গিয়াছে। রসায়ন বিজ্ঞানকে তাই কয়েকটি শাখায় ভাগ করা হইয়াছে:

(i) মাটি-জল-বায়ু অর্থাৎ অপ্রাণী বস্তুর গঠন ও ক্রিয়া-প্রক্রিয়ার পরিচয় পাই আমরা **অজৈব রসায়নে** বা **ইন-অরগেনিক কেমিস্ট্রিতে** (Inorganic chemistry)।

(ii) জীব-জন্তু-উদ্ভিদ্ যে বস্তু দ্বারা গঠিত তাদের পরিচয় দেয় **জৈব রসায়ন** বা **অরগেনিক কেমিস্ট্রি** (Organic chemistry)।

(iii) রাসায়নিক ক্রিয়া-প্রক্রিয়ার সূত্র ও তত্ত্বের সন্ধান দেয় **ভৌত** বা **তাত্ত্বিক রসায়ন** বা **ফিজিক্যাল কেমিস্ট্রি** (Physical chemistry)।

(iv) বিভিন্ন বস্তুকে কিভাবে ব্যবহারিক কাজে লাগানো যায় তার উপায় জানা যায় **ফলিত রসায়নে** বা **অ্যাপ্লাইড কেমিস্টিতে** (Applied chemistry)।

(v) কৃষির কাজে **কৃষি রসায়ন** (Agriculture chemistry); এবং

(vi) প্রাণীর খাদ্য গ্রহণ ও দেহ-গঠনের পরিচয় দেয় **জীব রসায়ন** বা **বাইও-কেমিস্ট্রি** (Bio-chemistry)।

রসায়ন বিজ্ঞানের আধুনিক উন্নতি ও বিস্তৃতির সঙ্গে সঙ্গে আরও অনেক নূতন নূতন শাখার সৃষ্টি হইতেছে।

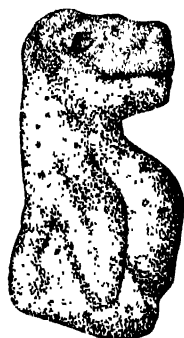
রসায়নের জন্ম-কাহিনী

যে বিজ্ঞানকে আমরা বাংলায় বলি **রসায়ন,** ইংরাজীতে তারই নাম **কেমিস্ট্রি** (Chemistry)। এই রসায়ন বা কেমিস্ট্রির জন্মকথা এক মনোজ্ঞ কাহিনী।

প্রাচীনকালে মিসরের নাম ছিল '**কিমিয়া**'। কিমিয়া শব্দের অর্থ—কাল-মাটি। মিসরবাসীরা সুন্দর সুন্দর কাল-মাটির পাত্র ও মূর্তি তৈরী করিতে

প্রাচীন মিসরে পাত্র-নির্মাণ

পারিত। প্রাচীন মিসরের নামের সঙ্গে এই কালমাটির শিল্পেরও নাম দেওয়া হয় 'কিমিয়া'। কিভাবে কাঁকর-মাটি ও খনিজ পদার্থ হইতে তামা, দস্তা, টিন, লোহা, কাচ ইত্যাদি তৈরী করা যায় এবং লতাপাতা হইতে বলদায়ক রস, সুগন্ধি ও প্রসাধন দ্রব্য ইত্যাদি তৈরী করা যায়—তার কলা-কৌশলের নাম পরিচিত হয় **কিমিয়া** নামে। সে-যুগে বহু দেশ হইতে কারিগরেরা এই কিমিয়া বিদ্যা শিখিবার জন্য মিসরে যাতায়াত করিত। মিসরের আলেকজান্দ্রিয়া শহরটি ছিল সে-যুগের শ্রেষ্ঠ বিদ্যাকেন্দ্র। এই বিদ্যাকেন্দ্রে প্রায় তিন লক্ষ বই ছিল। কিন্তু একবার আগুন লাগিয়া এই বিদ্যাকেন্দ্রটির অনেক বই নষ্ট হইয়া যায় এবং পরে আরবরা আবার এই বিদ্যাকেন্দ্রটিকে সম্পূর্ণরূপে ধ্বংস করিয়া ফেলে। এই আলেকজান্দ্রিয়া শহরটি ছিল সে-যুগের ইউরোপেরও বিদ্যা-চর্চার প্রধান কেন্দ্র। আলেকজান্দ্রিয়া ধ্বংস হইয়া যাওয়ার পরে প্রায় এক হাজার বছর ইয়োরোপে বিজ্ঞান-চর্চা প্রায় বন্ধ হইয়া যায়।

প্রাচীনকালের ধাতুমূর্তি

প্রথমে আরবরা আলেকজান্দ্রিয়াকে ধ্বংস করে, কিন্তু সেই আরবেরাই আবার মিসরের কিমিয়া বিদ্যা শিখিয়া তার অনেক উন্নতি সাধন করে। আরব দেশে এই কিমিয়া বিদ্যার নাম হয়—**অ্যাল্‌কেমি**। 'অ্যাল্' শব্দের অর্থ ইংরেজী 'দি' শব্দের মত। কিমিয়ার সঙ্গে 'অ্যাল্' যোগ করিয়া গড়িয়া ওঠে 'অ্যালকেমি' শব্দটি। আরব রসায়নীরা এই অ্যাল্‌কেমি বিদ্যাকে

নূতন উদ্দেশ্যে ব্যবহার করার চেষ্টা করে। কিভাবে তামা বা পারদকে সোনায় পরিণত করা যায় এবং লতাপাতা ও ধাতু-ভস্মের নির্যাস তৈরী করিয়া কিভাবে অমৃত-রস বানাইয়া এবং তাহা পান করিয়া দীর্ঘজীবী হওয়া যায় — আরব বিজ্ঞানীরা সে সম্বন্ধে অনেক গবেষণা করেন এবং অ্যাল্‌কেমি সম্বন্ধে কয়েকটি বইও লিখেন। আরব দেশের রসায়নীদের মধ্যে জবির-ইবন্‌-হাইয়ান, আবু-রাজী ও ইবন্‌সিনার নাম বিশেষভাবে প্রসিদ্ধ।

অ্যাল্‌কেমিস্টের যন্ত্র

প্রাচীন ভারতেও রসায়ন বিদ্যার বিশেষ চর্চা ছিল। সোনা, রূপা, তামা, টিন, দস্তা, লোহা, সীসা—কাঁকর মাটি হইতে এই সব ধাতু প্রস্তুত করিতে এবং ধাতু-ভস্ম তৈরী করিতে ভারতীয় রসায়নীরা পারদর্শী ছিলেন। অনেকের মতে সোনা ও লোহা প্রথম ভারতবাসীরা আবিষ্কার করে। লতা-পাতা-গাছ হইতে তেল, সুগন্ধি, ঔষধ, রসসার, ক্ষার, রং ইত্যাদি তৈরী করার কৌশলও

ভারতীয় রসায়নীর যন্ত্র

ভারতে জানা ছিল। আয়ুর্বেদ নামে ঔষধ-বিদ্যা সর্বপ্রথম আমাদের দেশেই গড়িয়া ওঠে। প্রাচীনকালের রসায়নবিদ্‌দের মধ্যে **চরক** ও **সুশ্রুতের** নাম বিখ্যাত। অনেকের মতে আরবরা মিসর ও ভারতবর্ষ—এই দুই দেশ হইতেই বিজ্ঞান-বিদ্যা অর্জন করে।

যীশু খ্রীষ্টের জন্মের কয়েক শতাব্দী পরে ভারতবর্ষেও অমৃত-রস তৈরী করার জন্য **তান্ত্রিক** নামে এক শ্রেণীর রসায়নীর উদ্ভব ঘটে। *এই তান্ত্রিকরা অমৃত-রস তৈরী করার বিদ্যাকে বলিত **রস-বিদ্যা** বা **রসায়ন**। এ সম্বন্ধে তাঁহারা অনেক বই লিখিয়াছেন। এই বইগুলির মধ্যে কয়েকটির নাম: রসরত্নাকর, রসযোগ, রসহৃদয়, রসচূড়ামণি ও সর্বেশ্বর রসায়ন। **ভাগবত, বৃন্দা, শালিবাহন** ও **নাগার্জুনের** নাম ভারতের মধ্যযুগের রসায়নবিদ্‌দের মধ্যে বিখ্যাত। ভারতবর্ষ প্রাচীনকালে রসায়ন-বিদ্যায় যে কত উন্নত ছিল যীশু খ্রীষ্টের জন্মের বহু বছর আগে তামার মূর্তি এবং অজন্তার রঙিন চিত্রাবলী ও নানাস্থানের লোহার স্তম্ভগুলি তার নিদর্শন। দিল্লীতে কোন্ প্রাচীন যুগে যে লোহার স্তম্ভটি তৈরী করা হইয়াছিল আজিও তার গায়

অ্যাল্‌কেমিস্টের রসায়নাগার

কোন মরিচা পড়ে নাই। পাঠান আক্রমণের পরে ভারতে **তন্ত্র-বিদ্যা** নষ্ট হইয়া যায় এবং রসায়ন-বিজ্ঞানে ভারত পিছনে পড়িয়া থাকে।

তের-চৌদ্দ শতকে আরবদের মাধ্যমে স্পেন দেশে অ্যাল্‌কেমি বিদ্যা প্রচারিত হয় এবং পরে তাহাই সমস্ত ইউরোপে ছড়াইয়া পড়ে। এই সময়কার ইউরোপীয় অ্যাল্‌কেমিবিদ্‌দের মধ্যে **রোজার বেকনের** নাম প্রসিদ্ধ। অ্যাল্‌কেমিস্ট ও তান্ত্রিকদের রসায়ন-চর্চার ফলে রসায়ন বিদ্যার অনেক উন্নতি হয়। অ্যাল্‌কেমিবিদ্‌রা নানারকম অ্যাসিড, ক্ষার ও রাসায়নিক দ্রব্য আবিষ্কার করেন এবং বিভিন্ন ধরনের যন্ত্রপাতি ও রাসায়নিক পরীক্ষার নানা কলা-কৌশলও উদ্ভাবন করেন।

প্রায় হাজার বছরের অন্ধকার যুগের পরে চতুর্দশ শতাব্দীতে ইয়োরোপে আবার বিজ্ঞানের নব জাগরণ দেখা দেয়। সপ্তদশ শতাব্দীতে আইরিশ বিজ্ঞানী **রবার্ট বয়েল** প্রথম আধুনিক রসায়নের সূত্রপাত করেন। তারপরে অষ্টাদশ শতাব্দীতে বৃটিশ বিজ্ঞানী **প্রিসট্‌লী** ও **ক্যাভেন্‌ডিশ** এবং সুইডিশ বিজ্ঞানী **শিলি** মাটি, জল ও বায়ু লইয়া নানারকম পরীক্ষা আরম্ভ করেন। এই সময়ে সত্যিকার আধুনিক রসায়নের জন্ম হয়। অমিত-ধী ফরাসী বিজ্ঞানী **ল্যাভয়সিয়ার**-ই সর্বপ্রথম মৌলিক পদার্থের সুস্পষ্ট পরিচয় দিতে আরম্ভ করেন। তিনি হাইড্রোজেন ও অক্‌সিজেন এবং আরও অনেক মৌলিক পদার্থের যথার্থ পরিচয় নির্দেশ করেন এবং ইহাদের নাম দেন। অনেক নূতন নূতন গ্যাস তৈরী করিয়া তাহাদের গঠনও তিনিই বিশ্লেষণ করেন। আগুন যে কোন পদার্থ নয়—তপ্ত অঙ্গার বা অঙ্গার জাতীয় পদার্থের সঙ্গে বায়ুর সংযোগ ঘটিলেই যে আগুনের সৃষ্টি হয়—এই কথা প্রমাণ করিয়া [illegible] সর্বপ্রথম রাসায়নিক ক্রিয়া-প্রক্রিয়া অনুধাবনের উপায় আবিষ্কার করেন। ল্যাভয়সিয়ারের গবেষণার ফলে রহস্যময় অ্যাল্‌কেমি বিদ্যা যুক্তি ও বুদ্ধিসম্মত **কেমিস্ট্রি বিজ্ঞানে** রূপান্তরিত হয়। ল্যাভয়সিয়ারকে তাই বলা হয় আধুনিক রসায়নের জনক।

দীর্ঘকাল পরে ঊনবিংশ শতাব্দীতে আবার নূতন উদ্যমে আমাদের দেশেও রসায়ন বিজ্ঞানের চর্চা আরম্ভ হয়। ভারতের এই আধুনিক রসায়ন বিজ্ঞানের পথিকৃৎ—**আচার্য প্রফুল্লচন্দ্র রায়**।

Questions to be discussed

1. Define the science of Chemistry? What are the different branches of Chemistry?
2. What do you know about the history of Chemistry in India?
3. Why Lavoisier is called the father of modern Chemistry?
4. Why do you like Chemistry?

আমরা এখন কত দ্রব্য-সম্ভারের অধিকারী! কিন্তু প্রাচীনকালে সভ্যতার উপাদান ছিল কত নগণ্য! সোনা, রূপা, তামা, দস্তা, টিন এবং পরে লোহা ও সীসা—সেকালে মাত্র এই কয়টি ধাতুর ব্যবহার জানা ছিল। এই ধাতু ও মাটির পাত্র ও মূর্তি, কাপাস তুলার কাপড়, লতাপাতার নির্যাস হইতে তৈরী করা ঔষধ, সুরাসার ও রঙ — মোটামুটি এই ছিল প্রাচীনকালের মানব-সভ্যতার প্রধান উপাদান।

প্রাচীনকালের তামার পাত্র

প্রাচীনকালের রূপার পাত্র

শুধু প্রাচীনকালে কেন—তিন-চারশ' বছর আগে মানব-সভ্যতা খুব অগ্রসর ছিল না। আকবর বা নেপোলিয়ানের সময়েও কয়লার ব্যবহার জানা ছিল না, [illegible]ার ও পেট্রোলিয়াম ছিল অজ্ঞাত, অ্যালুমিনিয়াম বা প্ল্যাটিনামের নামও ছিল অজানা। কুইনিন, ব্লিচিং পাউডার, ফিনাইল বা আইয়োডিন—এরূপ যে-সমস্ত জিনিস আমরা এখন প্রতিদিন ঘরে ঘরে ব্যবহার করি, এগুলি কিছুই সে-যুগে জানা ছিল না।

মানব-সভ্যতার অভূতপূর্ব উন্নতি শুরু হইয়াছে মাত্র দুশো বছর আগে। আধুনিক রসায়নের জন্মদাতা ফরাসী বিজ্ঞানী অ্যান্টয়নে ল্যাভয়সিয়ার এবং যান্ত্রিক যানবাহনের উদ্ভাবক স্টীম-ইঞ্জিন-নির্মাতা বৃটিশ বিজ্ঞানী জেমস্ ওয়াট। গত দুশো বছরে রসায়ন ও পদার্থ বিজ্ঞানের অবদানে মানব-সভ্যতা কত বিচিত্র সম্পদে যে সমৃদ্ধ হইয়াছে প্রাচীনকালে বা মধ্যযুগে তার কল্পনা করাও সম্ভব ছিল না।

খাদ্য ও স্বাস্থ্যের ব্যাপক উন্নতি: মানুষের দেহ কি ভাবে গঠিত এবং মানুষের দেহের পুষ্টি ও বৃদ্ধির জন্য কি কি খাদ্যের প্রয়োজন, কেন রোগ

হয়—রসায়ন বিজ্ঞানীরা নানাভাবে পরীক্ষা করিয়া আমাদের সে-বিষয়ে অনেক তথ্যের সন্ধান দিয়াছেন। আমরা এখন রোগ-জীবাণুর হাত হইতে স্বাস্থ্য রক্ষার জন্য ঘরে ঘরে ফিনাইল, ব্লিচিং পাউডার, ক্লোরিন, বেঞ্জিন, আইয়োডিন, ডি, ডি. টি., ডেটল ইত্যাদি নানারকম রাসায়নিক বস্তু ব্যবহার করি। আগে কলেরা, ম্যালেরিয়া, টাইফয়েড, কালাজ্বর, যক্ষ্মা, নিউমোনিয়া ইত্যাদি রোগে আক্রান্ত হইলে মৃত্যুর ভয়ই থাকিত বেশি। কুইনিন, পেনিসিলিন ক্লোরোমাইসটিন, স্ট্রেপ্টোমাইসিন ইত্যাদি নানারকম ঔষধ আবিষ্কারের ফলে এসব রোগে এখন খুব কম লোকই মারা যায়। ক্লোরোফর্ম, নভোকেইন ইত্যাদি অসারক পদার্থ আবিষ্কারের ফলে এখন বিনা যন্ত্রণায় অস্ত্রোপচার করা যায়। কৃত্রিম ভিটামিন প্রাকৃতিক ভিটামিনের অভাব পুরণ করিতে পারে। কৃত্রিম তেজস্ক্রিয় রশ্মি আবিষ্কারের ফলে ক্যান্সার ও অন্যান্য রোগের চিকিৎসা করাও অনেকাংশে সম্ভব হইয়াছে এবং জীবাণু নাশ করিয়া খাদ্যদ্রব্য রক্ষারও ব্যবস্থা হইয়াছে। জীবাণু নাশ করার রাসায়নিক ঔষধপত্রের আবিষ্কারের ফলে খাদ্যদ্রব্য ও ঔষধপত্র এখন অনেক দিন পর্যন্ত রক্ষা করা যায় এবং এক দেশের খাবার ও ফলমূল সংরক্ষিত করিয়া আর এক দেশে পাঠানো যায়।

উদ্ভিদ্ কিভাবে কার্বন বা নাইট্রোজেন গ্রহণ করিয়া দেহ গঠন করে রসায়ন বিজ্ঞান সেই বিষয়টি আবিষ্কার করিয়া কৃত্রিম সার তৈরী করিতে সক্ষম হইয়াছে। অ্যামোনিয়াম সালফেট ও সুপার ফসফেট এরূপ কৃত্রিম সার। এই কৃত্রিম সার ব্যবহার করার ফলে পৃথিবীর অনেক দেশে ধান ও গমের উৎপাদন দশ-পনর গুণ বৃদ্ধি পাইয়াছে। গম ও চাউল হইতে এবং নানারকম লতা-পাতা হইতে আরও নানারকম খাদ্য ও স্নেহ-জাতীয় পদার্থ তৈরী করাও সম্ভব হইয়াছে। বীট চিনি আবিষ্কৃত হইয়াছে মাত্র একশ' বছর আগে। কোন্ খাদ্যে কি কি পদার্থ আছে রসায়নের অবদানে সে-কথা জানার ফলে আমাদের দেহগঠনের জন্য যে যে খাদ্যের প্রয়োজন আমরা তাহা এখন সুষম পরিমাণে গ্রহণ করিতে পারি। জল ও বায়ু আমাদের প্রাণ এবং এই জল ও বায়ু রাসায়নিক পদার্থের সাহায্যে কিভাবে জীবাণুমুক্ত করা যায় রসায়ন-বিজ্ঞান সেকথাও আমাদের জানাইয়া দিয়াছে। সুষম খাদ্য, স্বাস্থ্যকর পরিবেশ এবং উন্নততর ঔষধপত্রের আবিষ্কারের ফলে ইংল্যাণ্ড ও আমেরিকায় গত পঁচিশ বছরে মানুষের গড়পড়তা আয়ু প্রায় দশ বছর বাড়িয়া গিয়াছে।

অগণিত নূতন ধাতু ও বস্তু : তামা, টিন, লোহা, দস্তা, সীসা ও পারদ —মোটামুটি এরূপ কয়েকটি মাত্র ধাতুর সঙ্গে পরিচয় ছিল প্রাচীন কালের মানব সমাজের। এখন অ্যালুমিনিয়াম, নিকেল, কোবল্ট, ম্যাগনেসিয়াম, প্ল্যাটিনাম, ম্যাঙ্গানীজ, মলেবডেনাম, টাংস্টেন, ক্রোমিয়াম, ভেনেডিয়াম,

অতীত যুগের তামা ও দস্তার পাত্র

জারমেনিয়াম, জারকোনিয়াম, বেরিলিয়াম—এরূপ অনেক ধাতু আবিষ্কৃত হইয়াছে। পৃথিবীতে অ্যালুমিনিয়াম পাওয়া যায় প্রায় লোহার দ্বিগুণ। লোহার বদলে এখন হাল্‌কা অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহার বাড়িয়া গিয়াছে। লোহার সঙ্গে নানা ধাতু মিশাইয়া এখন মিশ্র ধাতু এবং মজবুত ইস্পাত তৈরী করা সম্ভব। অ্যালুমিনিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম ধাতু মিশাইয়া তৈরী করা হয় ম্যাগনেলাম এবং ইহা ব্যবহার করা হয় বিমান ও মোটরের যন্ত্রপাতির জন্য। উচ্চ তাপ সহ্য করিতে পারে এমন যন্ত্রের জন্য ব্যবহার করা হয় টাংস্টেন, ক্রোমিয়াম, নিকেল ইত্যাদি ধাতু। লোহার সঙ্গে ক্রোমিয়াম ও নিকেল মিশাইয়া তৈরী করা হয় নিষ্কলঙ্ক ইস্পাত বা স্টেইনলেস স্টীল। ইহা দ্বারা ডাক্তারী ও অন্যান্য কাজের জন্য ছুরি, কাঁচি ইত্যাদি যন্ত্র তৈরী করা হয়। রসায়ন বিজ্ঞানের নূতন নূতন মিশ্র ধাতু আবিষ্কারের ফলে পদার্থ বিজ্ঞানের পক্ষে নূতন নূতন যন্ত্র আবিষ্কার করা সম্ভব হইতেছে। বিভিন্ন নবাবিষ্কৃত ধাতুর মধ্যে সিলেনিয়াম, জারকোনিয়াম, রুথেনিয়াম—এরূপ অনেক ধাতুর ব্যবহার এখনও তেমন প্রচলিত হয় নাই।

এখন পাত্র ও মূর্তি শুধু মাত্র সাধারণ মাটি দিয়াই তৈরী করা হয় না। চিনা-মাটি, সিলিকা, নানারকম কাচ, উচ্চ তাপবাহী জেনা ও পাইরেক্স গ্লাস—এসব এখন পাত্র ও মূর্তি গড়ার উপাদান। ঘর-বাড়ি তৈরী করার জন্য পুরানো চুন-সুরকীর সঙ্গে আবিষ্কৃত হইয়াছে নানারকম সিমেন্ট ও কংক্রীট।।

নানা ধাতু ও ধাতুজাত পদার্থ হইতে অনেক রকম রঙ তৈরী হইয়াছে—যার প্রলেপ দিয়া জলবায়ুর আক্রমণ হইতে এখন ধাতুর সাজ-সরঞ্জাম রক্ষা করা যায়।

গত দুশো বছরে রসায়ন বিজ্ঞানীরা প্রকৃতির ভাণ্ডার হইতে কমপক্ষে পাঁচ লক্ষ বস্তুর সন্ধান পাইয়াছেন এবং আরও অনেক কৃত্রিম বস্তু রসায়নাগারে তৈরী করিতে সক্ষম হইয়াছেন। রাসায়নিক আবিষ্কারের ফলে প্রাকৃতিক বস্তু সংগ্রহ করিয়া অথবা কৃত্রিমভাবে প্রাকৃতিক বস্তু তৈরী করিয়া এখন বহু রকম খাদ্য, ঔষধ, তেল, রঙ, সুগন্ধি ও নানারকম জৈব ও অজৈব বস্তু তৈরী করা হয়। গাছের রস হইতে তৈরী করা হয় রবার ও রঞ্জন। কৃত্রিম উপায়েও ইহাদের তৈরী করা হয়। প্রকৃতির উপর নির্ভর না করিয়া নীল, কর্পূর, কুইনিন ইত্যাদি বহু রকম বস্তু বর্তমানে রসায়নাগারেই কৃত্রিমভাবে প্রস্তুত করা হয়।

আজকাল আমরা ঘরে ঘরে প্ল্যাষ্টিক ও সেলুলয়েডের জিনিসপত্র ব্যবহার করি। এই প্ল্যাষ্টিক ও সেলুলয়েড কৃত্রিম পদার্থ—তৈরী করা হয় উদ্ভিদের রস ও তন্তু এবং খনিজ তেল হইতে। অতি শক্ত প্ল্যাষ্টিক তৈরী করিয়া এখন বিমান ও মোটরে ব্যবহার করা হয়। কৃত্রিমভাবে সিল্ক, রেয়ন ও লিনেন ও নাইলন তৈরী করা যায়। প্ল্যাষ্টিক ও সেলুলয়েডের জিনিসপত্রে সহজেই আগুন ধরে। আগুন-ধরে-না এরূপ প্ল্যাষ্টিক ও সেলুলয়েডের জিনিসপত্রও বর্তমানে তৈরী করা যায়। আগুন-ধরে-না এরূপ অ্যাস্‌বেস্টসের জিনিসপত্র অনেক আগেই আবিষ্কৃত হইয়াছে। জলে-ভিজে-না এরূপ সেলোফেন কাগজও এখন তৈরী করা হইতেছে।

নানারকম জ্বালানীঃ আগে কাঠ ছিল একমাত্র জ্বালানী। এখন কয়লা ও পেট্রল আবিষ্কৃত হইয়াছে। কয়লা শুধু জ্বালানীই নয়,—কয়লা হইতে পিচ, আলকাতরা নানারকম ঔষধ, রঞ্জক, বেঞ্জিন, নেপথালিন, ফেনল ইত্যাদি অনেক রকম অতি মূল্যবান জৈব পদার্থও রসায়ন-বিজ্ঞানীরা আবিষ্কার করিয়াছেন। খনিজ তেল বা পেট্রলিয়াম হইতে বিমান ও মোটরের পেট্রল ও কেরোসিন তেল, মেসিনে দেওয়ার তেল, নেপথালিন এবং মোম পাওয়া যায়। এখন কৃত্রিমভাবে কয়লা হইতে পেট্রল এবং পেট্রল হইতে রবার তৈরী করাও যায়। ইহা ছাড়াও নানারকম কৃত্রিম তেল আবিষ্কার করিয়াছেন রসায়ন-বিজ্ঞানীরা। এই সকল আবিষ্কারে বিজ্ঞানের অগ্রগতি সম্ভব হইয়াছে।

কাঠ, কয়লা ও পেট্রলই একমাত্র জ্বালানী নয়। সূর্যে যে আগুন জ্বলে সেই আগুন ইয়ুরেনিয়াম ও থোরিয়াম ধাতু এবং হাইড্রোজেন ও হিলিয়াম নামক পদার্থের সহায়তায় পৃথিবীতেও জ্বালানো সম্ভব হইয়াছে। রসায়নীরা এরূপ আগুন আবিষ্কার করিয়া শুধু ভয়াবহ পরমাণু বোমাই আবিষ্কার করেন নাই,—এই ইয়ুরেনিয়াম, থোরিয়াম ও প্লুটনিয়াম ইত্যাদি পরমাণুর আগুন বা পারমাণবিক শক্তি দ্বারা তাপ ও বিদ্যুৎ শক্তি তৈরী করা হইতেছে এবং কল-মিল ও যানবাহন চালাইবার ব্যবস্থাও হইতেছে। পৃথিবীতে যে-পরিমাণ কয়লা ও পেট্রল মজুত আছে তাহা আর একশ' বছরের মধ্যেই শেষ হইয়া যাইবে। কিন্তু পারমাণবিক শক্তি আবিষ্কারের ফলে মানব-সভ্যতাকে আর জ্বালানির জন্য চিন্তা করিতে হইবে না। পরমাণুর আগুনের তেজ কয়লা ও পেট্রলের আগুনের চেয়ে বিশ লক্ষ গুণ বেশি। পরমাণুর শক্তি আজ মানব-সভ্যতায় এক নূতন যুগের সৃষ্টি করিয়াছে,—যাহার ফলে মানব-সভ্যতায় এক বৈপ্লবিক প্রগতি সুরু হইয়াছে।

যন্ত্রপাতির অভাবনীয় উন্নতি: যন্ত্রের আবিষ্কার ও উন্নতি একদিকে পদার্থ-বিজ্ঞানী ও ইঞ্জিনিয়ারের এবং আর একদিকে রসায়ন-বিজ্ঞানীর কৃতিত্ব। নূতন নূতন ধাতু ও মিশ্র এবং নানারকম যৌগিক পদার্থ আবিষ্কার করার ফলে নূতন নূতন যন্ত্র নির্মাণ সম্ভব হইতেছে। নূতন মিশ্রধাতু আবিষ্কার করা সম্ভব না হইলে কৃত্রিম উপগ্রহ স্ফুটনিক আকাশে উঠিতে না উঠিতেই বায়ুর সংঘর্ষে জ্বলিয়া যাইত। সেরূপ নূতন নূতন জ্বালানি আবিষ্কারের ফলে এখন যন্ত্র ও যন্ত্রযান চালনা সম্ভব হইতেছে। পারমাণবিক শক্তি আবিষ্কারের ফলে দীর্ঘ দিন জলে না ভাসিয়া ডুবো-জাহাজ সমুদ্রের নীচে থাকিতে পারিবে, জাহাজ তীরে না ভিড়িয়া অনেকদিন সমুদ্রে চলিতে পারিবে, অদূর ভবিষ্যতে বিমান মাটিতে না নামিয়া দিনের পর দিন আকাশে উড়িতে পারিবে।

সুখ-স্বাচ্ছন্দ্য ও আনন্দের সহস্র সামগ্রী: বর্তমানে প্রতিদিনকার জীবনে আমাদের সুখ-স্বাচ্ছন্দ্যের অন্ত নাই। শীতের দিনে গরম ও গরমের দিনে ঠাণ্ডা ঘরের বা যানবাহনে এয়ার-কন্ডিশনের ব্যবস্থা আমরা অনায়াসেই করিতে পারি। আসবাবপত্র ও প্রসাধনের এখন কত আয়োজন! সবই প্রায় রসায়ন-বিজ্ঞানের দান। ফটোগ্রাফ, গ্রামোফোন, রেডিও, সিনেমা, টেলিভিশন ইত্যাদি একদিকে পদার্থ-বিজ্ঞানের দান বটে কিন্তু আরেক দিকে রেকর্ডের পদার্থ, ফিল্মের পদার্থ, ফটোগ্রাফির রাসায়নিক পদার্থ এবং রেডিওর

যন্ত্রপাতি নির্মাণের বিশেষ বিশেষ পদার্থ আবিষ্কারে রসায়ন-বিজ্ঞানীরা সক্ষম না হইলে এই সমস্ত যন্ত্র আবিষ্কার ও প্রচলন সম্ভব হইত না।

রসায়নের আদর্শ ও উদ্দেশ্য

বিজ্ঞানীরা চির জ্ঞান-পিপাসু। **প্রকৃতির রহস্যমোচন করিয়া জ্ঞান অর্জন এবং সেই জ্ঞানের প্রয়োগ করিয়া মানবসমাজের কল্যাণ-সাধন—ইহাই বিজ্ঞানের আদর্শ ও উদ্দেশ্য।** কিন্তু স্বার্থপর ও ক্ষমতা-লোলুপ ব্যক্তিরা বিজ্ঞানের পরম হিতকর আবিষ্কারকে অপকাজে ব্যবহার করিয়া পৃথিবীতে যুদ্ধ-বিগ্রহ ও অসাম্য-অশান্তি ডাকিয়া আনে। বিজ্ঞানের মূল আদর্শ জ্ঞানসঞ্চয়ন ও মানবকল্যাণ সাধন। যতদিন মানুষের মনে জ্ঞানের তৃষ্ণা থাকিবে ততদিন রসায়ন ও অন্যান্য বিজ্ঞানের সাধনাও চলিতে থাকিবে এবং বিজ্ঞান নিত্য নূতন আবিষ্কারে একদিকে সাম্য, মৈত্রী ও শান্তি এবং স্বাধীনতা ও গণতন্ত্রের আদর্শ, অপরদিকে অপর্যাপ্ত সুখ ও স্বাচ্ছন্দ্যের সামগ্রীতে মানব সমাজকে সুন্দর ও সার্থকভাবে গড়িয়া তুলিবার প্রচেষ্টা করিবে।

Questions to be discussed

1. What is the role of Chemistry in modern life ?
2. How the science of Chemistry helps us in our everyday life ?
3. Write an essay on the science of Chemistry and the benefits of its study.
4. How our knowledge of food, fuel, medicine and metal has been improved by the study of Chemistry ?
5. How far is civilization indebted to the science of Chemistry ?

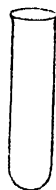
———

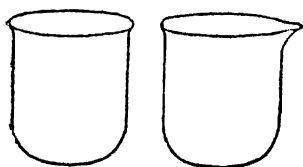
রসায়নাগারের যন্ত্রপাতি

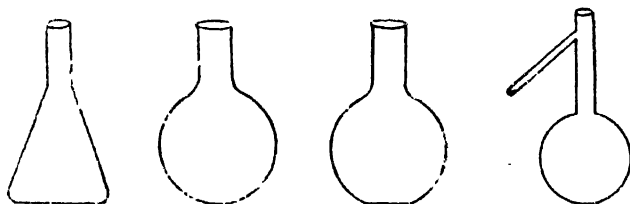
মায়ের **রান্নাঘর** ছোটোখাটো একটি **রসায়নাগার** (Chemical laboratory)। ভাত রান্না হইতে দই পাতা—সবই রসায়নের কাজ। রান্নাঘরের বিভিন্ন কাজের জন্য চাই ভিন্ন ভিন্ন রকম যন্ত্রপাতি। ভাত রান্নার জন্য চাই হাঁড়ি, ডাল-তরকারির জন্য কড়াই। তার সঙ্গে চাই হাতা, খুন্তি ও কাঁটা। জলের জন্য চাই ঘটি ও কলসী এবং মসলা পেষার জন্য শিল-নোড়া—এমনি অনেক যন্ত্রের প্রয়োজন। সবশেষে ভাত-ডাল-তরকারি রান্নার রাসায়নিক কাজটি সুসম্পন্ন করার জন্য চাই একটি উনান। আবার রান্নাঘরের এই অন্ন-ব্যঞ্জন পরিবেশনের জন্যও দরকার থালা-বাটি-গ্লাসের। এগুলি সবই রান্নাঘর অর্থাৎ মায়ের রসায়নাগারের বিভিন্ন রকম যন্ত্রপাতি।

রসায়নের বিভিন্ন কাজ ও নানা পরীক্ষার জন্য রান্নাঘরের ন্যায় বিজ্ঞানীর রসায়নাগারেও বিভিন্ন রকম যন্ত্রপাতি চাই। আজকাল রসায়নাগারে যে-সব যন্ত্রপাতি ব্যবহার করা হয় সেগুলির অনেক-কিছুই আবিষ্কার করিয়াছেন মধ্যযুগের অ্যাল্‌কেমিস্ট ও তান্ত্রিকরা। তাঁরা প্রধানত মাটি ও পিতলের পাত্র ব্যবহার করিতেন। এখন কাচ সুলভ এবং **সাধারণ ব্যবহার্য রাসায়নিক দ্রব্যের সংস্পর্শে অথবা সাধারণ উত্তাপে কাচের কোন ক্ষতি হয় না।** তাই, রসায়নাগারের অধিকাংশ যন্ত্রপাতি কাচের তৈরী। পাইরেক্‌স্ ও জেনা গ্লাসে তৈরী যন্ত্রপাতি অনেক উচ্চ তাপেও ব্যবহার করা যায়।

নীচে রসায়নাগারের কয়েকটি সাধারণ যন্ত্রপাতির বিবরণ দেওয়া হইল :

পরীক্ষা-নল বা **টেস্ট টিউব** (Test tube) : রাসায়নিক পরীক্ষার কাজে যে-যন্ত্রটি সর্বদা এবং সবচেয়ে বেশি প্রয়োজন তার নাম **টেস্ট-টিউব** বা **পরীক্ষা-নল**। টেস্ট টিউব বা পরীক্ষা-নল এক মুখবন্ধ একটি পাত্‌লা ও সরু কাচের নল। পরীক্ষা-নল রাখার জন্য ব্যবহার করা হয় কাঠের **স্ট্যাণ্ড** (Stand) বা **ধারক**। সাধারণত ধারকের থাপে অথবা ধারকে শলার উপরে উপুড় করিয়া পরীক্ষা-নল রাখা হয়। পরীক্ষা-নল উত্তপ্ত করার জন্য চিমটার সাহায্যে আগুনে ধরা হয়।

পরীক্ষা-নল
(Test tube)

বীকার (Beaker) : বীকার শব্দের অর্থ বাটি,—নানা আকারের কাচের বাটি। বীকার ব্যবহার করা হয় তরল পদার্থ রাখার জন্য। বীকারের মুখ সাধারণত গোলাকার, কিন্তু তরলের ধারা ঢালার জন্য কোন কোন বীকারের মুখে সরু নালা কাটা থাকে।

বীকার (Beaker)

ফ্লাস্ক (Flask) : ফ্লাস্ক শব্দের অর্থ বোতল। বাংলায় **ফ্লাস্ককে কাচকুপী**ও বলা হয়। ফ্লাস্ক ব্যবহার করা হয় তরল রাখার জন্য। ফ্লাস্ককে নানা আকারে ছোট-বড় ঘটির সঙ্গে তুলনা করা যায়। কোণাকার আকারের ফ্লাস্ককে বলা হয় **কোণাকার ফ্লাস্ক**। গোলাকার তলার ফ্লাস্ককে **গোলাকার-**

কোণাকার ফ্লাস্ক (Conical flask) — গোলাকার-তল ফ্লাস্ক (Round bottom flask) — চ্যাপটা-তল ফ্লাস্ক (Flat bottom flask) — পাতন ফ্লাস্ক (Distilling flask)

তল ফ্লাস্ক, চ্যাপ্‌টা তলার ফ্লাস্ককে **চ্যাপটা-তল ফ্লাস্ক** এবং যে-ফ্লাস্কে জল বা কোন তরল পাতিত করা হয় তার নাম **পাতন-ফ্লাস্ক**।

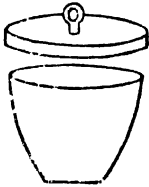
পোরসেলিন বেসিন (Basin) বা **খর্পর :** পোরসেলিন **বেসিন** বা **খর্পর** চীনামাটির ছোট বাটি। দেখিতে অনেকটা তেলের বাটির মত। উচ্চ তাপাংকে তরল পদার্থ বাষ্পায়িত করার জন্য ইহা ব্যবহার করা হয়।

খর্পর (Basin)

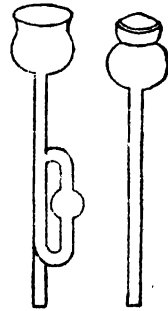
ক্রুসিবল্ বা **মুছি** (Curcible) : ক্রুসিবল্ বা মুছিও চীনামাটিতে তৈরী—দেখিতে অনেকটা সাধারণ মুছির মত। উচ্চ তাপে অল্প পরিমাণে

কঠিন জিনিস শুকাইবার জন্য মুছি ব্যবহার করা হয়। অতি উচ্চ তাপাংকে ব্যবহার করার উদ্দেশ্যে সিলিকা দ্বারা ক্রুসিবল্ তৈরী করা হয়।

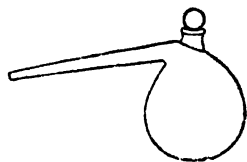
ক্রুসিবল্ বা মুছি

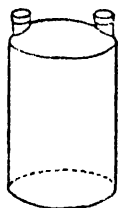
খল-নুড়ি

খল-নুড়ি (Mortar and Pestle): শুষ্ক ও কঠিন পদার্থ গুঁড়া করিবার এবং অন্য পদার্থের মিশ্রিত করিবার যন্ত্র।

সাধারণ ফানেল (Funnel): তেল ঢালার জন্য বাড়িতে যে-চুঙি ব্যবহার করা হয়, তাহাই রসায়নাগারের **ফানেল**। সরাসরি তরল ঢালার জন্য এবং ফানেলের মুখে **ফিলটার কাগজ** বসাইয়া তরল ছাঁকিবার জন্য ফানেল ব্যবহার করা হয়।

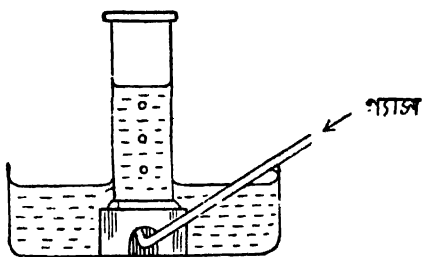
ফানেল (Funnel) | বিন্দুপাতী ফানেল (Dropping funnel) | দীর্ঘনল বা থিসল্ ফানেল (Thistle Funnel)

দীর্ঘনল-ফানেল (Thistle funnel): ছোট ঘটির বা কাপের আকারে গঠিত ফানেল ও দীর্ঘ নলসহ গঠিত **দীর্ঘ-নল ফানেল** তরল ছাঁকিবার জন্য ব্যবহৃত হয় না। বরং তরল ঢালার জন্য এরূপ **দীর্ঘনল ফানেল** বা **থিসল্ ফানেল** ব্যবহার করা হয়।

বিন্দুপাতী ফানেল (Dropping funnel): চুঙিটি যদি একটি ছিপি বা স্টপারের (stopper) সাহায্যে দীর্ঘ-নলের সঙ্গে যুক্ত থাকে এবং এই ছিপি নিয়ন্ত্রিত করিয়া যদি বিন্দু বিন্দু আকারে ফানেল হইতে তরল ঢালার ব্যবস্থা থাকে তাহা হইলে এরূপ ফানেলকে বিন্দুপাতী ফানেল বলা হয়।

রিটর্ট বা বকযন্ত্র (Retort) : বকের গলার ন্যায় লম্বা ও একদিকে বাঁকানো এবং পেটটি দেখিতে গোলাকারতল ফ্লাস্কের মত—এরূপ যন্ত্রকে বলা হয় **রিটর্ট** বা **বকযন্ত্র**। এরূপ যন্ত্র সাধারণত ব্যবহার করা হয় তরলকে বাষ্পে পরিণত করিয়া সেই বাষ্পকে আবার তরলে পরিণত করার জন্য অর্থাৎ পাতন-পাত্র হিসাবে।

বকযন্ত্র (Retort)

উল্‌ফ-বোতল (Woulfe-bottle) : রসায়নাগারে অল্প পরিমাণে গ্যাস তৈরী করার জন্য **উল্‌ফ-বোতল** ব্যবহার করা হয়। দুই পাশে দুইটি ছোট মুখসহ খাটো ও মোটা বোতলকে বলা হয় উল্‌ফ-বোতল। বোতলটির নাম দেওয়া হইয়াছে আবিষ্কারক উল্‌ফের নাম অনুসারে।

উল্‌ফ-বোতল

গ্যাস-জার ও নিউমেটিক ট্রাফ বা দ্রোণী : গ্যাস রাখার পাত্রটির নাম গ্যাস-জার। **গ্যাস জার** (Gas jar) উপরে-নীচে সমান ব্যাসের একটি লম্বা কাচের গ্লাস। গ্যাস ভরার সময় এই গ্যাস-জারটি জল ভরিয়া আরেকটি জল-ভরা পাত্রে উপুড় করিয়া রাখা হয়।

গ্যাস-জার

দ্রোণীর সাহায্যে গ্যাস সংগ্রহ

এই জলের পাত্রটিকে বলা হয় **দ্রোণী** বা **নিউমেটিক ট্রাফ** (Pneumatic trough)। গ্যাস কাচের নলের মাধ্যমে জলের ভিতর দিয়া গ্যাস-জারে ঢোকে এবং তার ফলে জারের জল সরিয়া নীচে পড়িয়া যায় ও জারটি গ্যাসে ভরতি হয়। গ্যাস যে-কাচের নলের ভিতর দিয়া চলাচল করে তাহাকে বলা হয় **নির্গম নল** বা **ডেলিভারি টিউব** (Delivery tube)।

রসায়নাগারের উনান বা চুল্লী তথা বুনসেন দীপ

(Bunsen Burner)

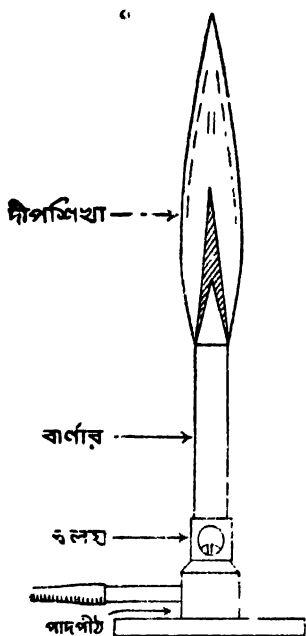
রান্নাঘরের মত রসায়নাগারেও তাপ সৃষ্টি করার জন্য উনান চাই। কিন্তু রসায়নাগারের উনানকে অনেক সময় স্থানান্তরিত করার দরকার হয়। তাই এরূপ উনানের জন্য দীপ ব্যবহার করা হয়। দীপ নাম হইলেও এরূপ দীপের উদ্দেশ্য উনানের ন্যায় তাপ সৃষ্টি করা,—আলো জ্বালানো নয়।

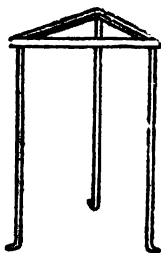
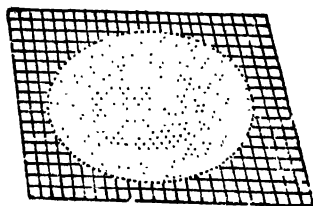
রসায়নাগারের তাপের জন্য যে-দীপটি ব্যবহার করা হয় তাহার নাম **বুনসেন দীপ** বা **বার্নার**। জার্মান বিজ্ঞানী বুনসেন 1855 সালে এই দীপটি আবিষ্কার করেন। বুনসেন দীপ রসায়নাগারের একটি সদা প্রয়োজনীয় যন্ত্র। বুনসেন দীপের তিনটি অংশ ; যথা—(*i*) **ধাতব পাদপ** বা **বেস** (Base), (*ii*) **ধাতব দীপাধার** বা **বার্নার** (Burner) এবং (*iii*) **ধাতব বলয়** বা **রিং** (Ring)।

পাদপের মুখটি সরু নলের মত **সূচল** (jet)। এই নলটির পার্শ্বদেশে যুক্ত থাকে আর একটি নল। এই নলের সঙ্গে বাহিরের দিকে একটি রবারের নল লাগানো থাকে এবং ইহার ভিতর দিয়া গ্যাস প্ল্যাণ্ট অর্থাৎ গ্যাস উৎপাদনাগার হইতে জ্বালানী গ্যাস আসিয়া পাদপে প্রবেশ করে। পাদপের মাথায় বসানো থাকে একটি লম্বা **বার্নার** বা **ধাতব-নল**। পাদপের **সূচল মুখ** বা **জেট** দিয়া গ্যাস বার্নারের মধ্যে ঢোকে। এই বার্নার বা নলটির মাথায় গ্যাস জ্বালিয়া দিলে দীপ-শিখার আকারে জ্বলিতে থাকে। পাদপের সূচল মুখ এবং ধাতব-নল বা বার্নারটির সংযোগস্থলে বার্নারের গায় একটি গোলাকার ছিদ্র বা জানালা থাকে এবং ছিদ্রের ঢাকনিরূপে থাকে একটি **ধাতব বলয়** (Ring)। ধাতব বলয়টি ঘুরাইয়া ছিদ্রটি খোলা বা বন্ধ করা যায়। এই জানালা বন্ধ করিয়া প্রদীপের শিখা উজ্জ্বল বা প্রদীপ্ত এবং জানালা খুলিয়া বার্নারের মধ্যে বায়ু প্রবেশের ব্যবস্থা করিয়া প্রদীপের শিখা অনুজ্জ্বল বা অদীপ্ত করা যায়। এই বলয়টিকে তাই বায়ু নিয়ন্ত্রক (air regulator) বলা হয়।

পরীক্ষা : বুনসেন দীপের এই তিনটি অংশই বিচ্ছিন্ন করিয়া খোলা যায়। সমস্ত যন্ত্রটি খুলিয়া একবার দেখিয়া লও। পাদপের সূচল মুখটি দেখ, বলয়টি দেখ এবং বার্নারটিও দেখ। তারপর দীপটি পুনরায় ঠিকমত ফিট করিয়া নিচের পরীক্ষা সম্পন্ন কর।

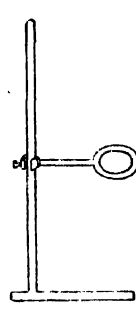
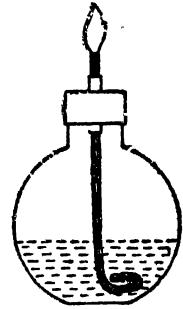
(ক) ধাতব নলের ছিদ্রটি বন্ধ করিয়া দিয়া গ্যাস পাইপ খুলিয়া দাও। গ্যাসাধার হইতে গ্যাস প্রথমে দীপের পাদপে ঢুকিবে এবং পাদপের সূচল মুখ বাহিয়া উপরের দিকে উঠিবে। একটি জ্বলন্ত দিয়াশলাই-এর কাঠি দীপের মুখে ধর। দীপটি অমনি জ্বলিয়া উঠিবে। ছিদ্র বন্ধ অবস্থায় দীপ-শিখা বেশ **লম্বা** ও **প্রদীপ্ত** বা **উজ্জ্বল** (luminous) দেখাইবে। দীপের মাথায় একটি চীনামাটির পাত্র চিমটা দিয়া ধর। পাত্রের গায়ে কালো ঝুল পড়িবে।

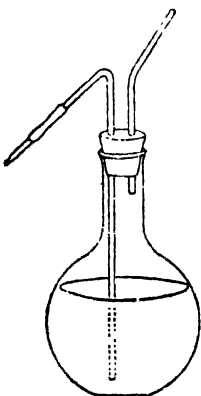
বুনসেন দীপ

(খ) এখন ছিদ্রটি খুলিয়া দাও। ধাতব-নলে বা বার্নারে গ্যাসের সঙ্গে ছিদ্র দিয়া বায়ুও ঢুকিবে এবং তার ফলে দীপ-শিখা **অদীপ্ত** বা **দীপ্তিহীন** তথা **অনুজ্জ্বল** (non-luminous) ও **নীলাভ** হইয়া যাইবে এবং আকারেও ছোট হইবে। এই শিখার উপরে একটি চীনা মাটির পাত্র চিমটা দিয়া ধর। পাত্রের গায়ে কোন ঝুল পড়িবে না। ছিদ্র খোলা অবস্থায় দীপের তাপ বেশী হয়। গ্যাস পাইপটি বন্ধ করিয়া দিলেই দীপটি নিভিয়া যায়। [বিস্তৃত বিবরণ ও পরীক্ষার জন্য 'ব্যবহারিক রসায়ন' (গ্রন্থকার প্রণীত) ১০ম পৃষ্ঠা দ্রষ্টব্য।]

রসায়নাগারের কোন জিনিস উত্তপ্ত করার প্রয়োজন হইলে সাধারণত তাহা **তারজালের** (wire gauze) উপর রাখিয়া তলা হইতে বুনসেন দীপ দিয়া

ত্রিপদ স্ট্যাণ্ড

তারজাল

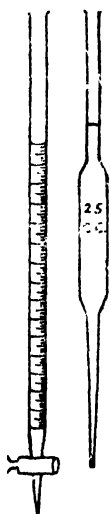
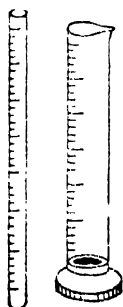
উত্তপ্ত করা হয়। এই তারজাল রাখা হয় তিন-পায়া ধাতব স্ট্যাণ্ডের উপরে। এই তিন পায়া স্ট্যাণ্ডকে বলা হয় **ত্রিপদ** বা **ট্রাইপড স্ট্যাণ্ড** (Tripod

stand)। তারজালের উপরে রাখিয়া উত্তপ্ত করিলে দীপের তাপ সমানভাবে চারিদিকে ছড়াইয়া পড়ে। তারজালে **অ্যাসবেস্টস** লেপা থাকিলে তাপমাত্রা নিয়ন্ত্রণ করা যায় এবং যে-পাত্র উত্তপ্ত করা হয় তার গায়ে ভুসা বা ঝুলও পড়ে না।

স্পিরিট ল্যাম্প (Spirit lamp): গ্রামাঞ্চলের যে-সব রসায়নাগারে গ্যাস তৈরী করা সম্ভব হয় না সেখানে **স্পিরিট ল্যাম্প** দিয়া বুনসেন দীপের কাজ করা হয়। সাধারণ কুপি ও স্পিরিট ল্যাম্পের মধ্যে কোন পার্থক্য নাই। স্পিরিট ল্যাম্পটি শুধু কাচে তৈরী এবং ইহাতে কেরোসিনের বদলে ব্যবহার করা হয় স্পিরিট। স্পিরিট ল্যাম্পের উত্তাপ বুনসেন দীপের তুলনায় অনেক কম।

ধারক স্পিরিট ল্যাম্প

ওয়াশ-বোতল (Wash Bottle): রান্নাঘরের জলের ঘটিটির মত রসায়নাগারের সদা-প্রয়োজনীয় জলের পাত্রটির নাম **ওয়াশ বোতল** বা **জলের বোতল**। এরূপ ওয়াশ বোতলের পাত্রটি সাধারণত একটি 500 c.c. ফ্লাস্ক। রবার বা সাধারণ ছিপি তথা কর্ক দ্বারা ফ্লাস্কের মুখটি বন্ধ করা থাকে। এই ছিপির মধ্যে থাকে দুইটি ছিদ্র। এই ছিদ্র দুইটির ভিতর দিয়া দুইটি সরু ব্যাসের কাচের নল ঢুকানো হয় বোতলের মধ্যে। একটি নল দৈর্ঘ্যে খাটো। ইহার একটি মুখ বোতলের তলায় সামান্যমাত্র প্রবেশ করে এবং বোতলের বাইরের স্বল্প প্রলম্বিত অপর মুখটি প্রায় 135° ডিগ্রি কোণে বাঁকানো থাকে। অপর নলটি লম্বা এবং ইহার একটি মুখ বোতলের প্রায় তলা পর্যন্ত স্পর্শ করে। বোতলের বাহিরের দিকের মুখটি প্রায় 45° ডিগ্রি কোণে বাঁকানো থাকে। নলের এই 45° বাঁকানো মুখে একখণ্ড রবারের নলের সাহায্যে একটি জেট অর্থাৎ ছোট স্বচল মুখ কাচের নল ফিট করা থাকে। নল দুইটির বাহিরের মুখ দুইটি পরস্পরের বিপরীত দিকে প্রলম্বিত থাকে। এইরূপভাবে কর্কের মাধ্যমে

ওয়াশ বট্‌ল্

দুইটি নলের সাহায্যে যে-ফ্লাস্ক ফিট করা হয় তাহাকেই বলা হয় **ওয়াশ বোতল** বা **জলের বোঁতল**।

ওয়াশ বোতলের ব্যবহার : ছিপি খুলিয়া ওয়াশ বোতলে জল ভরিতে হয়। বেশি পরিমাণে জল ব্যবহার করিতে হইলে বোতল উপুড় করিয়া 135° ডিগ্রিতে বাঁকানো খাটো নলের মুখ দিয়া জল ঢালিতে হয়। তীক্ষ্ণ ধারায় জল ব্যবহার করিবার প্রয়োজন হইলে খাটো নলের মুখে ফুঁ দিয়া বোতলের জলের উপরে চাপ দিতে হয় এবং এরূপ চাপের ফলে অপর নলের সূচল বা জেট-মুখ দিয়া তীক্ষ্ণধারার জলস্রোত নির্গত হয়। রবার সংযোগের জন্য জেটটি এদিকে সেদিকে ঘুরাইয়া জলধারার গতি প্রয়োজন মত পরিবর্তন করা যায়। লম্বা নলটি জলের তলায় ডোবান থাকে এবং খাটো নলটি জলের সমতলের উপরে থাকে। জলের সমতল লম্বা-নলের তলায় পড়িয়া গেলে খাটো নলে ফুঁ দিয়া জল-ধারা ফেলা আর সম্ভব হয় না।

তরলের আয়তন নির্ণয় (Determination of the volume of a liquid): রসায়নাগারে তরল মাপার জন্য যে-সব যন্ত্র ব্যবহার করা হয় উহাদের নাম **সিলিণ্ডার** (Cylinder), **পিপেট** (Pipette) ও **ব্যুরেট** (Burette)। বেশি পরিমাণে তরল মাপার জন্য ব্যবহার করা হয় **কাচের চোঙ** বা **সিলিণ্ডার**। একবারে নির্দিষ্ট আয়তনের তরল মাপার জন্য **পিপেট** এবং ফোঁটা ফোঁটা করিয়া তরল মাপার জন্য ব্যবহার করা হয় **ব্যুরেট**।

ব্যুরেট ও পিপেট (Burette and Pipette)

অংশাঙ্কিত নল ও সিলিণ্ডার (Graduated tube and Cylinder)

আয়তনের মাপ (Measure of volume): তরল মাপা হয় সাধারণত আয়তন হিসাবে এবং আয়তন মাপা হয় সেন্টিমিটার বা কিউবিক সেন্টিমিটাররূপে। সংক্ষেপে এই ঘন সেন্টিমিটারকে লেখা হয়—c.c. বা সি. সি.

অথবা ml. (মিলিলিটার) ; তরলের আয়তন নির্ণয়ের যন্ত্রের গায়ে এরূপ ml বা c.c.-রূপে বিভিন্ন আয়তনের দাগ কাটা থাকে।

(1000 c.c. বা ml. = 1 লিটার)

ভরের মাপ (Mass) : পদার্থের ওজন বা গুরুত্ব নির্ণয় করা হয় মেট্রিক প্রণালীতে। ওজনের একক = 1 গ্রাম = $\frac{1}{1000}$ কিলোগ্রাম।

(বা, 1000 গ্রাম = 1 কিলোগ্রাম।)

দৈর্ঘ্যের একক (Unit of measuring length) : দৈর্ঘ্যও মাপা হয় মেট্রিক প্রণালীতে। দৈর্ঘ্যের একক = 1 সেন্টিমিটার = $\frac{1}{100}$ মিটার।

[বা 100 সেন্টিমিটার (cm.) = 1 মিটার]

উষ্ণতার মাপ (Measure of temperature) : উষ্ণতা বা টেম্পারেচার মাপা হয় সেন্টিগ্রেড, ফারেনহাইট ও রুমার স্কেল (Centigrade, Fahrenheit and Reaumer scale) অনুযায়ী। নীচে তিনটি স্কেলের তুলনামূলক সম্বন্ধ দেখানো হইল।

স্কেল	জলের হিমাংক	জলের স্ফুটনাঙ্ক	হিমাংক ও স্ফুটনাংকের পার্থক্যে তাপমাত্রার বিভাগ	একমাত্রা উষ্ণতা লিখিবার প্রণালী
সেন্টিগ্রেড	0°	100°	100	1°C
ফারেনহাইট	32°	212°	180	1°F
রুমার	0°	80°	80	1°R

রসায়নে সাধারণত উষ্ণতা মাপা হয় সেন্টিগ্রেড স্কেল অনুযায়ী। যথা, 0°C ; 10°C ; 100°C ইত্যাদি।

চাপের মাপ (Measure of pressure) : গ্যাসের চাপ মাপা হয় বায়ুর চাপের একক অনুযায়ী। 43° অক্ষাংশে 4°C উষ্ণতার সমুদ্রতটে এক বর্গ সেন্টিমিটার স্থানে বায়ুর চাপ = 76 cm., বা 760 m.m. (মিলিমিটার) পারদ-স্তম্ভের ওজন = 7½ সের (এক বর্গ ইঞ্চিতে)। 76 cm. চাপ বা এক বায়ুচাপকে বলা হয় **প্রমাণ চাপ** বা নরমেল প্রেশার (Normal pressure)।

কয়েকটি এককের সম্বন্ধ :

1 গ্রাম = $\frac{1}{1000}$ কিলোগ্রাম,

1 মিটার = 39·37 ইঞ্চি ; 1 ইঞ্চি = 2·54 cm.

1 লিটার = 1000 c.c. ; 1 গ্যালন = 4·54 লিটার,

1 গ্রাম = ·032 আউন্স ; 1 আউন্স = 31·1 গ্রাম,

1 পাউণ্ড = ·37 কিলোগ্রাম ; 1 তোলা = 11·7 গ্রাম।

Questions to be discussed

1. Why a kitchen can be compared to a chemical laboratory ?
2. Describe a wash-bottle with a neat sketch.
3. Describe a Bunsen burner and give its sketch. What is the use of a ring ? How will you get a long illuminating flame ?

৪ রসায়নাগারের সাধারণ পদ্ধতি

এক কাপ চা তৈরী করার জন্য অনেক কিছু করিতে হয়। কেট্‌লিতে জল ফুটাও। টগবগ-করা জলে চা ভিজাও। চা-মিশানো-জল হইতে চায়ের পাতা ছাঁকিয়া ফেল। তারপর চিনি ও দুধ মিশাও। তবে তৈরী হইবে এক পেয়ালা চা। জল ফুটানো, চা মিশানো, পাতা ছাঁকা, দুধ ও চিনি ঢালা—এতগুলি কাজ করিয়া তবে চা তৈরী করিতে হয়। এই চা তৈরী করা একটি **রাসায়নিক কাজ**। রসায়নাগারে এরূপ অনেক কাজ করিতে হয়। এক পদার্থের সঙ্গে আর এক পদার্থ মিশাইয়া নূতন কোন পদার্থ তৈরী করার জন্য অথবা এক পদার্থ হইতে আর এক পদার্থ—বিশেষ করিয়া তরল হইতে কঠিন পদার্থকে বিচ্ছিন্ন করার জন্য—অনেক উপায় গ্রহণ করিতে হয়; যেমন তরলকে গরম করিয়া ফুটানো, জলের মধ্যে কঠিন পদার্থ মিশানো, তরল হইতে কঠিন পদার্থ ছাঁকিয়া পৃথক্ করা, তরল পদার্থকে বাষ্পে পরিণত করা, ইত্যাদি। **রসায়নাগারে রাসায়নিক পরীক্ষা সম্পাদনের কতকগুলি সাধারণ প্রণালীকে** বলা হয় **রসায়নাগারের সাধারণ পদ্ধতি** বা **কমন ল্যাবরেটরী প্রসেস** (Common laboratory process)। নীচের কয়েকটি বিশেষ প্রয়োজনীয় পদ্ধতির বর্ণনা দেওয়া হইল।

জলীয় দ্রবণ (Solution)

পরীক্ষা (**Experiment**): (i) একটি বিকারে জল লও এবং তার মধ্যে এক চামচ চিনি মিশাও। এই চিনি জলের মধ্যে নিশ্চিহ্ন হইয়া মিশিয়া যাইবে, এবং দৃশ্যত চিনি-জলে চিনির কোন চিহ্নই পাওয়া যাইবে না। বীকারে স্বচ্ছ চিনি-জল তৈরী হইবে।

(ii) আরেকটি বীকারে পরিষ্কার জলের মধ্যে এক চামচ তুঁতে (কপার সালফেট) মিশাইয়া তাহা কাঁচের দণ্ড বা গ্লাস-রড (glass rod) দ্বারা নাড়িয়া দাও। জলে তুঁতে দ্রবীভূত করার পরে তুঁতে-গোলা-জলের বর্ণ দেখিতে হইবে নীলাভ। জলের মধ্যে তুঁতের একটি ভাসমান কণাও দেখা যাইবে না। বীকারের তরল স্বচ্ছ ও নীল দেখাইবে।

(iii) তৃতীয় আরেকটি বীকারে এক চামচ পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট মিশাইয়া কাচ-দণ্ড দ্বারা নাড়িয়া দাও। বীকারে পারমাঙ্গানেট-গোলা জল বেগুনী বর্ণের কিন্তু স্বচ্ছ দেখাইবে। জলে একটি পারমাঙ্গানেট কণাও ভাসমান দেখা যাইবে না

(iv) চতুর্থ একটি বীকারে জলের মধ্যে চিনি, লবণ ও তুঁতে প্রভৃতি পদার্থ চামচ পরিমাণে জলে মিশাইয়া নাড়িয়া দাও। জলের মধ্যে এই পদার্থগুলি এমনভাবে মিশিয়া যাইবে যে কোন পদার্থের একটি দানাও জলে ভাসিতে দেখা যাইবে না এবং জলের বর্ণ নীল ও স্বচ্ছ হইবে।

(v) পঞ্চম একটি বীকার ভরা জলে এক চামচ হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড অথবা গ্লিসারিন বা স্পিরিট মিশাইয়া দাও। অ্যাসিড অথবা গ্লিসারিন বা স্পিরিট জলে মিশিয়া অদৃশ্য হইয়া যাইবে।

পাঁচটি বীকারে জলের সঙ্গে অন্য পদার্থের মিশ্রণে যাহা তৈরী হইল তাহাকে বলা হয় **দ্রবণ** (solution)। এইভাবে জলের মধ্যে নিশ্চিহ্নভাবে মিশ্রিত করিয়া বিভিন্ন কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় পদার্থের জলীয় মিশ্রণ বা দ্রবণ তৈরী করা যায়।

দ্রবণ (Solution): দুই বা তাহার অধিক কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় পদার্থের সমসত্ত্ব মিশ্রণ (homogeneous mixture)—যাহার প্রতি বিন্দু বা অংশের গঠন (composition) ও ভৌতধর্ম (physical properties) একই রকম তাহাকে দ্রবণ বা সলিউশন বলা হয়।

দ্রবণের দুইটি অংশ—যথা, দ্রাব ও দ্রাবক। যে পদার্থকে জলে বা অন্য কোন তরলে মিশ্রিত করা হয় তাহাকে বলা হয় **দ্রাব** বা **সলিউট** (solute)। উপরে বর্ণিত উদাহরণ অনুযায়ী চিনি, তুঁতে, পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট, লবণ, হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড অথবা গ্লিসারিন বা স্পিরিট দ্রাব তথা সলিউট।

যাহার মধ্যে দ্রাব বা সলিউট মিশ্রিত করা হয় তাহাকে বলা হয় দ্রাবক বা সলভেণ্ট (solvent); উল্লিখিত উদাহরণে দ্রাবকরূপে ব্যবহার করা হয় জল। বস্তুত, জল শ্রেষ্ঠতম দ্রাবক।

সুতরাং দেখা যায় যে দ্রাব ও দ্রাবকের মিশ্রণে তৈরী হয় দ্রবণ বা সলিউশন। অর্থাৎ দ্রবণ = দ্রাব + দ্রাবক (solute + solvent = solution):

দ্রবণের মধ্যে দ্রাব এরূপ সমসত্ত্বভাবে (homogeneous) মিশ্রিত থাকে যে দ্রবণের প্রতিটি বিন্দু ভৌত ধর্মে ও রাসায়নিক গঠনে এক রকম। চিনির দ্রবণ প্রতি বিন্দু স্বাদে, বর্ণে ও ঘনত্বে এক রকম। কপার সালফেট দ্রবণেরও প্রতি বিন্দু নীল বর্ণে, ঘনত্বে ও অন্যান্য ধর্মে সম্পূর্ণ অভিন্ন।

দ্রবণের শ্রেণী ভাগ
(Different kinds of Solution)

দ্রবণ কয়েক শ্রেণীর হইতে পারে,—(i) দ্রাব কঠিন ও দ্রাবক তরল, (ii) দ্রাব ও দ্রাবক উভয়েই তরল, (iii) দ্রাব গ্যাস ও দ্রাবক তরল, (iv) দ্রাব ও দ্রাবক উভয়েই গ্যাস এবং (v) দ্রাব ও দ্রাবক উভয়েই কঠিন।

(i) **কঠিন পদার্থের দ্রবণ** (Solution of solid in liquid): তরল দ্রাবকে কঠিন দ্রাব মিশ্রিত করিয়া কঠিন পদার্থের সমসত্ত্ব দ্রবণ তৈরী করা যায়। তরল জলের মধ্যে লবণ, তুঁতে (কপার সালফেট) চিনি ইত্যাদি কঠিন পদার্থ মিশ্রিত করিয়া এরূপ দ্রবণ তৈরী করা যায়।

(ii) **তরল দ্রবণ** (Liquid solution): তরলের মধ্যে তরল দ্রবীভূত করিয়া সমসত্ত্ব তরল দ্রবণ তৈরী করা যায়। জলের মধ্যে অ্যালকোহল, গ্লিসারিন, জলের সঙ্গে সালফিউরিক, নাইট্রিক অ্যাসিড, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ইত্যাদি তরল অ্যাসিড এবং স্বল্প পরিমাণে জলের সঙ্গে ইথার মিশ্রিত করিয়া তরল দ্রবণ তৈরী করা যায়।

(iii) **গ্যাসীয় দ্রবণ** (Gaseous solution): জলের মধ্যে অ্যামোনিয়া, সালফার ডাই-অক্সাইড, কার্বন ডাই-অকসাইড, অকসিজেন, নাইট্রোজেন ইত্যাদি গ্যাস বিভিন্ন পরিমাণে দ্রবীভূত করিয়া সমসত্ত্ব গ্যাসীয় দ্রবণ তৈরী করা যায়। এরূপ দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে জল হইতে গ্যাস নির্গত হইয়া যায়।

(iv) **গ্যাস মিশ্রণ** (Mixture of gases): একটি গ্যাসের সঙ্গে অন্য কোন গ্যাস (যদি পরস্পরের মধ্যে বিক্রিয়া না ঘটে) মিশ্রিত করিয়া সমসত্ত্ব গ্যাস মিশ্রণ বা গ্যাস-দ্রবণ তৈরী করা যায়। বায়ু অকসিজেন, নাইট্রোজেন, কার্বন ডাই-অকসাইড ও অন্যান্য নিষ্ক্রিয় গ্যাসের একটি গ্যাস মিশ্রণ বা দ্রবণ। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মিশ্রিত করিলেও এরূপ গ্যাস-দ্রবণ তৈরী করা যায়।

(v) **কঠিন দ্রবণ** (Solid solution): দুইটি কঠিন ধাতু যদি সমসত্ত্বভাবে মিশ্রিত হইয়া মিশ্র ধাতু গঠন করে তবে সেরূপ অ্যালয় (alloy) বা মিশ্র ধাতুকে কঠিন দ্রবণ বা 'সলিড সল্যুশন' বলা হয়। পিতল, তামা ও দস্তার এবং ব্রোঞ্জ তামা ও টিনের এরূপ কঠিন দ্রবণ।

লঘু ও ঘন দ্রবণ ঃ দ্রবণে দ্রাবের পরিমাণ অল্প হইলে তাহাকে বলা হয় **লঘু দ্রবণ** বা **ডাইলিউট সলিউশন** (dilute solution) এবং দ্রাবের পরিমাণ বেশি হইলে তাহাকে বলা হয় **ঘন দ্রবণ** বা **কনসেনট্রেটেড সলিউশন** (concentrated solution)। কোন চিনির দ্রবণে চিনির পরিমাণ কম হইলে তাহা চিনির লঘু দ্রবণ কিন্তু চিনির পরিমাণ বেশি হইলে তাহা চিনির ঘন দ্রবণ। কোন অ্যাসিডে জলের পরিমাণ বেশি হইলে তাহা **লঘু অ্যাসিড** (dilute acid) কিন্তু জলের পরিমাণ কম হইলে তাহা **ঘন বা গাঢ় অ্যাসিড** (concentrated acid)। [ল্যাবরেটরীর তাকে হাইড্রোক্লোরিক, নাইট্রিক বা সালফিউরিক অ্যাসিডের বোতলের গায়ে দেখিবে এরূপ ডাইলিউট বা কনসেনট্রেটেড অ্যাসিড কথাটি (dilute or concentrated acid) লেখা থাকে।]

দ্রবণীয়তা (Solubility)

সব পদার্থ জলে সম-পরিমাণে দ্রবীভূত হয় না। কোন্ পদার্থ কত পরিমাণে জলে দ্রবীভূত হয় তাহা সেই পদার্থের স্বভাব বা ধর্মের উপরে নির্ভর করে। জলের মধ্যে সমসত্ত্ব ভাবে কোন পদার্থের মিশ্রণের পূর্ণ ক্ষমতাকে বলা হয় সেই পদার্থের **দ্রবণীয়তা** বা **সলিউবিলিটি** (solubility)। চিনি, লবণ, তুঁতে, পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট ইত্যাদির দ্রবণীয়তা বিভিন্ন অর্থাৎ একই আয়তন জলে বিভিন্ন পরিমাণে মিশ্রিত হইয়া এই সব পদার্থের বিভিন্ন ঘনত্বের দ্রবণ তৈরী হয়। ইহাদের মধ্যে লবণের দ্রবণীয়তা সবচেয়ে কম।

পরীক্ষা ঃ এক বীকার জলে এক চামচ চিনি মিশাও। ইহাতে চিনির একটি দ্রবণ তৈরী হইবে। পরপর কয়েক চামচ চিনি মিশাইয়া চিনির দ্রবণ নাড়িয়া দাও। কয়েক চামচ চিনি মিশাইবার পরে এমন একটি অবস্থা আসিবে যখন চিনি জলের মধ্যে আর না মিশিয়া তলায় পড়িয়া যাইবে। অর্থাৎ জলের মধ্যে চিনির পূর্ণ মিশ্রণ ক্ষমতা অর্থাৎ দ্রবণীয়তা অনুযায়ী মিশ্রিত হইবার পরে অতিরিক্ত চিনি অদ্রবীভূত অবস্থায় তলায় পড়িয়া যায়।

এক বা দুই চামচ মিশাইবার পরে চিনির যে লঘু দ্রবণ তৈরী হয় তাহা **অসম্পৃক্ত বা অ্যানস্যাচুরেটেড দ্রবণ** (**Unsaturated solution**) **অর্থাৎ যে দ্রবণে অতিরিক্ত দ্রাব মিশান সম্ভব তাহাকে অসম্পৃক্ত দ্রবণ বলা হয়।** দ্রবণে ক্রমাগত দ্রাব মিশাইবার পরে এমন একটি অবস্থা আসে যখন দ্রাব দ্রবণের মধ্যে মিশ্রিত না হইয়া অদ্রবীভূত অবস্থায় তলায় পড়িয়া যায়। **দ্রাবের পূর্ণ দ্রবণ ক্ষমতা বা দ্রবণীয়তা অনুযায়ী দ্রবণের মধ্যে দ্রাব মিশ্রিত হইলে যে দ্রবণ তৈরী হয় তাহাকে সম্পৃক্ত বা স্যাচুরেটেড সলিউশন** (saturated solution) বলা হয়।

[দ্রবণ, দ্রবণীয়তা, সম্পৃক্ত ও অসম্পৃক্ত দ্রবণের বিস্তৃত ও পূর্ণ আলোচনা 'জলের অধ্যায়ে' করা হইয়াছে।]

জলের মধ্যে মিশ্রিত অদ্রবণীয় পদার্থ কি ভাবে পৃথক করা যায়, জলীয় দ্রবণকে কি ভাবে ঘন করা যায়, দ্রবণ হইতে দ্রাব ও দ্রাবক কোন পদ্ধতিতে পৃথক করা সম্ভব, দ্রবণ হইতে কোন্ প্রণালীতে দ্রাবের স্ফটিক তৈরী করা যায়—নিচে এরূপ এবং রসায়নাগারের আরও কয়েকটি সাধারণ পদ্ধতি আলোচনা করা হইয়াছে।

থিতানো ও আস্রাবণ

(Sedimentation and Decantation)

পরীক্ষা : একটি জল-ভরা কাচের বীকারে এক চামচ বালি বা গুঁড়া চক বা খড়িমাটি ফেলিয়া দাও। চক বা বালি জলের মধ্যে ভাসিয়া জল ঘোলা করিবে। কারণ চক বা বালি জলে অদ্রবণীয়। ঘোলা জল কিছুক্ষণ রাখিয়া দাও। দেখিবে, ধীরে ধীরে ভাসমান চক বা বালি জলের নীচে পড়িয়া যাইতেছে এবং বীকারের উপরের অংশে জল স্বচ্ছ ও পরিষ্কার হইয়া উঠিতেছে। অনেকক্ষণ রাখিয়া দিলে অদ্রবণীয় সমস্ত চক বা বালি নীচে পড়িয়া যাইবে এবং বীকারের উপরের জল স্বচ্ছ ও পরিষ্কার দেখাইবে।

থিতানো (Sedimentation) : ধুলা, বালি বা অন্য কোন অদ্রবণীয় কঠিন পদার্থ মিশ্রিত অপরিষ্কৃত তরলকে স্থিরভাবে রাখিয়া দিলে যে ভাবে সেই অদ্রবণীয় পদার্থ ধীরে ধীরে তলায় পড়িয়া যায় সেই পদ্ধতিকে বলা হয় থিতানো বা সেডিমেণ্টেশন এবং তলায় থিতাইয়া পড়া পদার্থকে বলা হয় সেডিমেণ্ট (sediment)।

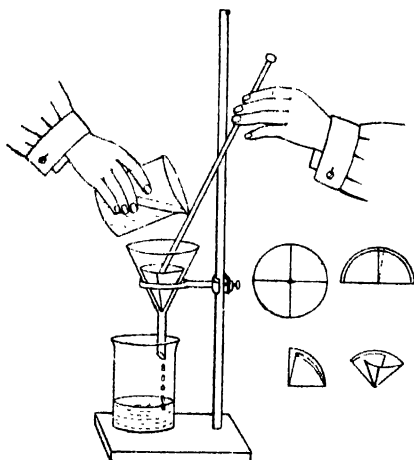
ভাসমান পদার্থ থিতাইয়া পড়িবার পর জলের বীকারটি কাত করিয়া উপরের স্বচ্ছ জল পাত্রে ঢালিয়া লওয়া যায়।

আস্রাবণ (Decantation) : কোন তরলের মধ্যে ভাসমান অদ্রবণীয় কঠিন পদার্থ থিতাইয়া ফেলিয়া উপরের পরিষ্কার তরলকে অন্য পাত্রে ঢালিয়া লইবার পদ্ধতিকে বলা হয় আস্রাবণ বা ডিকেনটেশন।

পরিস্রাবণ বা ফিলট্রেশন (Filtration)

আস্রাবণ পদ্ধতিতে ঘোলা জল পরিষ্কার করার জন্য অনেক সময় লাগে। আর ভাসমান ময়লাগুলি যদি আকারে খুব সূক্ষ্ম হয় তবে অনেক সময় রাখিয়া দেওয়ার পরেও ময়লার কণাগুলি জলের মধ্যে ভাসিতে থাকে। জল বা

যে-কোন তরলকে তাড়াতাড়ি এবং সম্পূর্ণভাবে পরিস্রুত করার জন্য ছাঁকনী দিয়া ছাঁকা প্রয়োজন।

পরিস্রাবণ (Filtration) ঃ অদ্রবণীয় কঠিন পদার্থ-মিশ্রিত কোন তরলকে সূক্ষ্ম বস্ত্রদ্বারা অথবা ফানেলের মধ্যে স্থাপিত-ফিলটার কাগজের সাহায্যে ছাঁকিয়া পরিস্রুত করার পদ্ধতিকে বলা হয় পরিস্রাবণ বা ফিলট্রেশন।

ফিল্‌টার কাগজের ভাঁজকরণ ও পরিস্রাবণ

প্রাচীন কালে অপরিস্রুত তরল পদার্থ ছাঁকিবার জন্য মসলিন কাপড় ব্যবহার করা হইত। এখন **ফিলটার কাগজ** (Filter paper) ব্যবহার করা হয়। ফিলটার কাগজে থাকে অগণিত সূক্ষ্ম ছিদ্র। ফানেলের বসান ফিলটার কাগজের সেই সব ছিদ্র দিয়া পরিষ্কার তরল চুয়াইয়া নীচে গড়াইয়া যায় এবং ফিলটার কাগজে ভাসমান পদার্থকণাগুলি পড়িয়া থাকে।

অবশেষ বা রেসিডিউ (Residue) ঃ ফিল্‌টার কাগজে যে কঠিন পদার্থ পড়িয়া থাকে তাহাকে অবশেষ বা রেসিডিউ বলা হয়।

পরিস্রুত বা ফিলট্রেট (Filtrate) ঃ সূক্ষ্ম কাপড় বা ফিলটার কাগজের সাহায্যে ছাকিবার ফলে যে স্বচ্ছ তরল নিচে পড়ে তাহাকে পরিস্রুত বা ফিলট্রেট বলা হয়।

পরীক্ষা ঃ এক বীকার জলে আধ চামচ বালুমাটি বা খড়িমাটি মিশাও। একটি ফিল্‌টার কাগজ চার ভাঁজ করিয়া তার একটি ভাঁজ খুলিয়া পানের মত গড়নে তৈরী করিয়া একটি ফানেলের মধ্যে বসাইয়া দাও। একটু জল দিয়া ফিল্‌টার কাগজটি ভিজাও। ফিল্‌টার কাগজ-ঢাকা ফানেলটি ধারকে বসাও। এখন একটি কাচের শলা বীকারের মুখে ধরিয়া তরল পদার্থ ফানেলের মধ্যে ধীরে ধীরে ঢাল। পরিষ্কার জল চুয়াইয়া পরিস্রুৎরূপে নীচে পড়িবে এবং ফিল্‌টার কাগজে অবশেষরূপে পড়িয়া থাকিবে বালুমাটির বা খড়িমাটির গুঁড়া।

দ্রুত বা ন্যূন-চাপ পরিস্রাবণ (Rapid or vacuum filtration): ভাসমান ময়লা আকারে সূক্ষ্ম হইলে অপরিস্রুত তরল পরিস্রুত বা ফিল্টার করিতে অনেক সময় লাগে। তাড়াতাড়ি পরিস্রুত করার জন্য এক বিশেষ ধরনের পরিস্রাবণ যন্ত্র ও ফানেল ব্যবহার করা হয়। **দ্রুত-পরিস্রাবণ** বা **র‍্যাপিড ফিল্‌ট্রেশনের** জন্য ব্যবহার করা হয় পোরসেলিনে তৈরী ফানেল। এইরূপ ফানেলের তলায় অজস্র ছিদ্র থাকে। এই ফানেলটি রবার-কর্কের সাহায্যে একটি কোণাকার ফ্লাস্কে ফিট্ করা হয়। এই

নিষ্কাশনী পাম্পের সাহায্যে দ্রুত পরিস্রাবণ
(Rapid filtration by Exhaustion pump)

কোণাকার ফ্লাস্কটি পার্শ্ব-নলের (side tube) মাধ্যমে এবং রবার-টিউবের সাহায্যে বায়ু-নিষ্কাশনী পাম্পের (air-pump) সঙ্গে যুক্ত করা হয়। এই পাম্পের সাহায্যে অথবা চিত্রে দ্রষ্টব্য বিশেষ ধরনে প্রস্তুত যন্ত্রটি জলের কলের নলের সঙ্গে সংযুক্ত করিয়া জলধারার সাহায্যে বায়ু নিষ্কাশন করিয়া কোণাকার ফ্লাস্কটিকে আংশিকভাবে বায়ুশূন্য করা যায়। ফানেলের তলায় বায়ুর চাপ কমিয়া যাওয়ার ফলে ফানেলের উপরে স্থাপিত ফিলটার কাগজের ভিতর দিয়া তরল মিশ্রণ পরিস্রুত হইয়া স্বচ্ছ তরলরূপে দ্রুতগতিতে কোণাকার ফ্লাস্কে পড়িয়া যায়। এইভাবে ফানেলের তলায় বায়ুর চাপ হ্রাস **করিয়া তাড়াতাড়ি পরিস্রাবণ ক্রিয়ার পদ্ধতিকে বলা হয় হ্রস্ব-চাপ বা দ্রুত পরিস্রাবণ তথা র‍্যাপিড বা ভ্যাকুয়াম ফিলট্রেশন**। এরূপ পদ্ধতিতে ব্যবহৃত সূক্ষ্মছিদ্রযুক্ত বিশেষ ধরনের ফানেলকে বলা হয় **বুকনার ফানেল** (Buchner funnel)। পরিস্রাবণ পদ্ধতিতে শুধু অদ্রবণীয় কঠিন পদার্থ-মিশ্রিত কোন তরল পরিস্রুত করা যায়, কিন্তু দ্রবণীয় পদার্থ মিশ্রিত দ্রবণ হইতে কঠিন দ্রাব ও তরল দ্রাবক পৃথক করা যায় না। চিনি, লবণ বা তুঁতের ন্যায় কঠিন পদার্থ মিশ্রিত করিয়া জলের দ্রবণ তৈরী করা হইলেও এরূপ দ্রাবণ পরিস্রুত করিয়া কঠিন দ্রাব অর্থাৎ চিনি, লবণ বা তুঁতে পৃথক করা যায় না। দ্রাব ও দ্রবণের সমস্ত দ্রবণ স্বচ্ছ তরলরূপে ফিলটার কাগজে পরিস্রুত হইয়া নিচে পড়িয়া যায়।

আস্রাবণ ও পরিস্রাবণের পার্থক্য

(Difference between Decantation and Filtration)

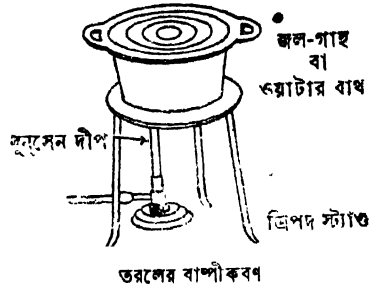
আস্রাবণ (Decantation)	পরিস্রাবণ (Filtration)
1. আস্রাবণ পদ্ধতিতে ভাসমান কঠিন পদার্থ থিতাইয়া পড়ে।	1. পরিস্রাবণ পদ্ধতিতে ভাসমান কঠিন পদার্থ ফিলটার কাগজে বা সূক্ষ্ম কাপড়ে ছাঁকা হয়।
2. কঠিন পদার্থের গুরুত্ব তরলের চেয়ে বেশি বলিয়া কঠিন পদার্থ থিতাইয়া পড়ে। কিন্তু কঠিন পদার্থের গুরুত্ব তরলের সমান বা কম হইলে আস্রাবণ সম্ভব নয়।	2. কঠিন পদার্থের গুরুত্বের উপরে পরিস্রাবণ নির্ভর করে না,—কারণ তরল ছাঁকিয়া কঠিন পদার্থ পৃথক করা হয়।
3. সূক্ষ্ম ভাসমান পদার্থ আস্রাবণ পদ্ধতিতে সম্পূর্ণ পৃথক করা কষ্টকর ও সময় সাপেক্ষ।	3. সূক্ষ্ম ভাসমান কঠিন পদার্থও সহজে এবং অল্প সময়ে পৃথক করা হয়।
4. কলয়ডিয় দ্রবণের দ্রবণ হইতে ভাসমান কণা আস্রাবণ পদ্ধতিতে পৃথক করা সম্ভব নয়।	4. সাধারণ ফিলটার কাগজে কলয়-ডিয় দ্রবণ হইতে ভাসমান পদার্থ পৃথক করা যায় না ; এ জন্য বিশেষ ধরনের পর্দা প্রয়োজন।

অনেক শিল্পে বিপুল আয়তনে অপরিষ্কৃত তরল বা জল পরিস্রুত করার জন্য ক্যানভাসের কাপড়, কাঠ কয়লার স্তর অথবা বালিস্তর (charcoal bed or sand bed) ব্যবহার করা হয়। পানীয় জল সরবরাহের জন্য বালু, কাঠ কয়লা বা পাথর নুড়ির স্তর ফিলটাররূপে ব্যবহার করা হয়।

বাষ্পীকরণ (Evaporation)

গ্রীষ্মকালে সূর্যের তাপে খাল, বিল, পুকুর শুকাইয়া যায়। ভিজা জামা-কাপড় প্রতিদিন রৌদ্রে শুকানো হয়। তাপের প্রভাবে বাষ্প হইয়া উড়িয়া যাওয়ার জন্যই এইভাবে জল শুকাইয়া যায়।

পরীক্ষা ঃ একটি প্লেটে এক ফোঁটা জল ফেল। কিছুক্ষণ পরে দেখিবে প্লেটে জলের চিহ্নও নাই। কারণ সাধারণ তাপেও জল বাষ্পে পরিণত হয়। একটি পোরসেলিনের পাত্রে অল্প লবণ-জল লও ও বুনসেন দীপে তার-জালের উপর রাখিয়া উত্তপ্ত কর। জল বাষ্প হইয়া উড়িয়া যাইবে, পাত্রে পড়িয়া থাকিবে শুষ্ক লবণ। ওয়াটার বাথে (waterbath) বসাইয়াও ধীরে ধীরে তরল বাষ্পীভূত করা যায়।

তরলের বাষ্পীকরণ

বাষ্পীকরণ (Evaporation) : স্বাভাবিক তাপের প্রভাবে অথবা উত্তপ্ত করিয়া জল বা যে-কোন তরলকে বাষ্পে পরিণত করার পদ্ধতিকে বলা হয় বাষ্পীকরণ বা বাষ্পীভবন বা ইভাপোরেশন।

বাষ্পীকরণ পদ্ধতিতে দ্রবণ হইতে দ্রাবকে অর্থাৎ দ্রবণ হইতে কঠিন ও তরল পদার্থ পৃথক্ করা যায়। লবণ ও জলের দ্রবণকে কোন পাত্রে স্বাভাবিক তাপে রাখিয়া দিলে ধীরে ধীরে এবং উত্তপ্ত করিলে দ্রুত বাষ্প হইয়া জল উড়িয়া যায় এবং পাত্রে অবশেষরূপে (residue) পড়িয়া থাকে শুধু কঠিন লবণের শুষ্ক দানা। এইভাবে বাষ্পীভবন পদ্ধতিতে দ্রবণ হইতে কঠিন দ্রাব অবশেষ রূপে পুনরায় পৃথক বা সংগ্রহ করা যায়।

স্ফুটন (Boiling) ঃ উত্তাপের প্রভাবে নির্দিষ্ট তাপাংকে স্থির থাকিয়া এবং সমগ্রভাবে আলোড়িত হইয়া কোন তরল বুদবুদের আকারে বাষ্পে পরিণত হইলে তরলের সেই বাষ্পীভবন পদ্ধতিকে স্ফুটন বলা হয়। জলের স্ফুটনাংক 100°C এবং মিথানলের স্ফুটনাংক 65°C।

ঘনীভবন (Condensation)

জলীয় বাষ্পকে বা অন্য কোন গ্যাসকে ঠাণ্ডা করিলে বাষ্প জলে বা অন্য তরলে পরিণত হয়। এরূপভাবে যে কোন বাষ্পকে ঠাণ্ডা করিলে তরলে পরিণত করা যায়।

ঘনীভবন (Condensation) : বাষ্পীয় পদার্থকে শীতল করিয়া তরলে পরিণত করার পদ্ধতিকে বলা হয় ঘনীভবন বা

কনডেনশেসন। বায়ুর জলীয় বাষ্প কোন বিশেষ কারণে শীতল হইয়া গেলে হিমায়িত হইয়া তরলে পরিণত হয় এবং উহা বৃষ্টিরূপে ঝরিয়া পড়ে।

কঠিনীভবন (Solidification) : তরল পদার্থকে অতি শীতল করিয়া কঠিন অবস্থায় পরিণত করার পদ্ধতিতে কঠিনীভবন বা হিমায়ন বলা হয়। 0°C তাপাংকে জল বরফে পরিণত হয়। বাষ্প অতি-শীতল হইলে শিলা-বৃষ্টি ঘটে।

পাতন (Distillation)

লবণ-জল বা চিনি-জলকে বাষ্পায়িত করিলে পাত্রের মধ্যে অবশেষরূপে শুধু লবণ বা চিনি পাওয়া যায়, কিন্তু জল বাষ্প হইয়া উড়িয়া যায়। তাই, বাষ্পীকরণ পদ্ধতিতে কোন দ্রবণকে বাষ্পায়িত করিলে শুধু দ্রাব সংগ্রহ করা যায়, কিন্তু দ্রাবক সংগ্রহ করা যায় না। অর্থাৎ শুধু কঠিন পদার্থটিকে সংগ্রহ করা যায় তরল পদার্থটিকে সংগ্রহ করা যায় না। কিন্তু বাষ্পীভবনের সাথে প্রাপ্ত বাষ্পকে কোন আবদ্ধপাত্রে সংগ্রহ করিয়া যদি শীতল করা যায় তাহা হইলে বাষ্প ঘনীভূত হইয়া তরলে পরিণত হয়। সুতরাং বাষ্পীভবন ও ঘনীভবন পদ্ধতি সংযুক্ত করিলে দ্রবণের দ্রাব ও দ্রাবক উভয়ই সংগ্রহ করা যায়। এই সংযুক্ত পদ্ধতিকেই বলা হয় পাতন প্রণালী।

পাতন (Distillation) : জল বা যে-কোন তরলকে বাষ্পে পরিণত করিয়া সেই বাষ্পকে শীতল করিয়া পুনরায় তরলে পরিণত করার প্রণালীকে বলা হয় পাতন বা **ডিস্টিলেশন**। সুতরাং বলা যায়, **পাতন = বাষ্পীভবন + ঘনীভবন**।

সাধারণ জলকে বাষ্পায়িত করিয়া আবার ঠাণ্ডা করিয়া যে-জল তৈরী করা হয় তাহাই **ডিস্টিল্‌ড্ ওয়াটার** বা **পাতিত জল** (Distilled water)। এই পাতিত জল সবচেয়ে বিশুদ্ধ ও পরিস্রুত। তাই, ওষুধ তৈরী করার জন্য এবং রাসায়নিক পরীক্ষার কাজে পাতিত জল ব্যবহার করা হয়।

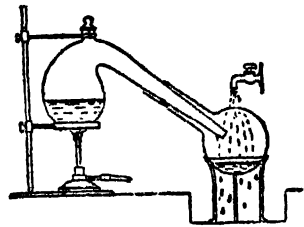
বাষ্পীকরণ ও পাতন পদ্ধতির তুলনা

(Comparison between Evaporation and Distillation)

বাষ্পীকরণ	পাতন
1. তরলকে বাষ্পে রূপান্তরের নাম বাষ্পীকরণ।	1. তরলকে বাষ্পে রূপান্তর এবং সেই বাষ্পকে শীতল করিয়া পুনরায় আবার তরলে পরিণত করার নাম পাতন।
2. বাষ্পীকরণে দ্রবণ হইতে শুধু দ্রাব অর্থাৎ কঠিন পদার্থকে সংগ্রহ করা যায়।	2. পাতন পদ্ধতিতে দ্রবণ হইতে দ্রাব ও দ্রাবক অর্থাৎ তরল ও কঠিন উভয় পদার্থকেই পৃথক ও সংগ্রহ করা যায়।
3. বাষ্পীকরণের জন্য যে কোন খোলা পাত্র ব্যবহার করা চলে।	3. পাতনের জন্য বিশেষ ধরনের যন্ত্র ব্যবহার করা প্রয়োজন—যে-যন্ত্রে একই সঙ্গে তরলকে বাষ্পীকরণ ও শীতলীকরণ সম্ভব হয়।
4. স্ফুটনাংক পর্যন্ত উত্তপ্ত না করিলেও তরলের বাষ্পীভবন সম্ভব।	4. দ্রবণ পাতিত করার জন্য দ্রবণকে স্ফুটনাংকে উত্তপ্ত করা প্রয়োজন।

পাতন পদ্ধতির যন্ত্র ও পরীক্ষা (Distillation Expt) : একটি রিটর্ট বা বকযন্ত্র লও এবং তার মধ্যে কিছু তুঁতে-জলের নীলাভ দ্রবণ ঢাল। বকযন্ত্র বা রিটর্ট ধারকের সাহায্যে তার-জালের উপর বসাও। বকযন্ত্রের বা রিটর্টের লম্বা গলাটি একটি গোলাকার-তল ফ্লাস্কের মধ্যে ঢুকাইয়া দাও। এই গোলাকার ফ্লাস্কটিকে বলা হয় **গ্রাহক** (Receiver)। কারণ, ইহার মধ্যেই পাতিত জল সংগৃহীত হয়। এই ফ্লাস্কটি একটি ত্রিপদের উপর বসাও, অথবা একটি

পাতন-যন্ত্র

বড় জল-ভরা ট্রাফ বা দ্রোণীর উপরে ভাসাইয়া দাও। ফ্লাস্কটিকে কলের জলধারায় অথবা জলে-ভিজা ব্লটিং কাগজ বা জলে-ভিজা ন্যাকড়া দিয়া ঢাকিয়া দাও এবং তাহার উপরে মাঝে মাঝে জলের ধারা দিয়া ফ্লাস্কটিকে সব সময়ে ঠাণ্ডা রাখার ব্যবস্থা কর। এরূপ ব্যবস্থার পরে রিটর্টে স্থিত তুঁতে-জল অর্থাৎ কপার সালফেট দ্রবণ বুনসেন বার্নারের সাহায্যে উত্তপ্ত করিয়া ফুটাও।

প্রথমে বকযন্ত্রের বা রিটর্টের জল বাষ্পে পরিণত হইবে এবং সেই বাষ্প রিটর্টের বা বকযন্ত্রের লম্বা গলার পথে ঠাণ্ডা ফ্লাস্কে গ্রাহকের মধ্যে প্রবেশ করিবে। ফ্লাস্কের শীতল পরিবেশে বাষ্প শীতল হইয়া আবার জলে পরিণত হইবে এবং গ্রাহকের মধ্যে জমিতে আরম্ভ করিবে। এইভাবে নীল রঙের তুঁতে-জল পাতিত হইয়া গ্রাহক-ফ্লাস্কের মধ্যে স্বচ্ছ ও বর্ণহীন বিশুদ্ধ জল সঞ্চিত হইবে এবং পাতন-ফ্লাস্ক বা বকযন্ত্রের মধ্যে পড়িয়া থাকিবে শুধু তুঁতের তথা কপার সালফেটের কঠিন গুঁড়া। অর্থাৎ, তুঁতের দ্রবণের দ্রাবক বা জল বাষ্পায়িত হইয়া সংগৃহীত হইবে গ্রাহকে এবং তুঁতে অর্থাৎ কপার সালফেট বা দ্রাব পড়িয়া থাকিবে পাতন-ফ্লাস্কে। সুতরাং পাতনের জন্য প্রয়োজন একটি **বাষ্পায়ক** পাত্র, একটি গ্রাহক পাত্র এবং বাষ্পকে শীতল করার ব্যবস্থা।

পাতন-পাত্র (Distilling flask) : যে পাত্রে কোন তরল পাতিত করার জন্য উত্তপ্ত করিয়া ফুটান হয় সেই পাত্রটিকে **পাতন পাত্র** বা **ডিস্টিলিং ফ্লাস্ক** বলা হয়।

গ্রাহক (Receiver) : যে আবদ্ধ পাত্রে পাতন-পাত্র হইতে উত্থিত বাষ্প শীতল হইয়া পুনরায় স্বচ্ছ ও বিশুদ্ধ তরলে পরিণত হয় তাহাকে **গ্রাহক** বা **রিসিভার** বলা হয়।

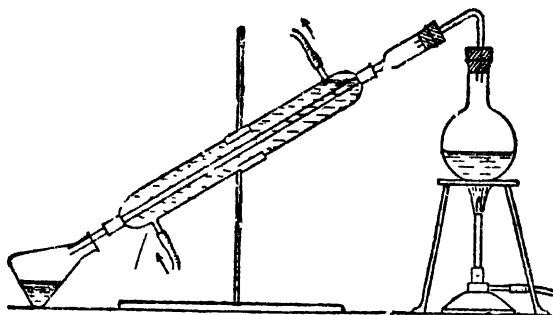
পাতিত তরল (Distillate) : পাতন-পাত্র হইতে বাষ্পায়িত হইয়া যে বিশুদ্ধ ও স্বচ্ছ তরল গ্রাহকে সংগৃহীত হয় তাহাকে **পাতিত তরল** বা **ডিস্টিলেট** বলা হয়।

অবশেষ (Residue) : কোন কঠিন বা তরল পদার্থ মিশ্রিত দ্রবণ পাতিত করার পরে পাতন-পাত্রে যে কঠিন দ্রাব পড়িয়া থাকে তাহাকে **অবশেষ** বা **রেসিডিউ** বলা হয়।

লিবিগ কণ্ডেন্সার (Liebig Condenser)

অবিচ্ছিন্নভাবে পাতনক্রিয়া সম্পন্ন করার উদ্দেশ্যে বিজ্ঞানী **লিবিগ** একটি যন্ত্র আবিষ্কার করেন। এরূপ যন্ত্রে গ্রাহক ফ্লাস্কের উপরে জল ঢালিয়া বাষ্পকে শীতল করিয়া তরল করার পরিবর্তে একটি **কণ্ডেন্সার** (Condenser) বা **হিমকারের** মধ্যেই বাষ্পকে তরলে পরিণত করা হয়।

লিবিগ কণ্ডেন্সার বা হিমকার যন্ত্রটি কাচের জ্যাকেট বা বেষ্টনী পরানো একটি কাচের নল। ভিতরের নল ও জ্যাকেটের মাঝখানে বেশ খানিকটা স্থান ফাঁকা রাখা হয় এবং জ্যাকেটের উপরে ও নীচে দুইটি পার্শ্ব-নল (side tube) সংযুক্ত থাকে। এই পার্শ্বনল দুইটিতে লাগানো থাকে রবারের টিউব। জ্যাকেটের নীচের দিকের পার্শ্ব-নলের রবার-টিউবটি একটি জলের কলের সঙ্গে

লাগানো হয়। জলধারা এই টিউবের ভিতর দিয়া জ্যাকেটের মধ্যে প্রবেশ করে এবং উহার মধ্যে প্রবাহিত হয় এবং ভিতরের নলটিকে ঠাণ্ডা করিয়া সেই

লিবিগ পাতন-যন্ত্র (Liebig Condenser)

জলধারা জ্যাকেটের উপরের দিকে অবস্থিত পার্শ্বনল দিয়া বাহির হইয়া যায়। এই জ্যাকেট-পরানো নলটিকেই বলা হয় **লিবিগ কণ্ডেন্সার** বা **লিবিগের হিমকার**।

যে-পাত্রে তরল বাষ্পায়িত করা হয় সেই **পাতন ফ্লাস্কের** (distilling flask) সঙ্গে কণ্ডেন্সার বা হিমকারটি কর্ক এবং বাঁকা ও সরু কাচের নলের সাহায্যে ফিট করা হয়। কণ্ডেন্সারের অপর দিকের নলাকার মুখটি ঢোকানো থাকে আর একটি গ্রাহক ফ্লাস্কের (receiver) মধ্যে। পাতন পাত্র হইতে উত্থিত বাষ্প কণ্ডেন্সার বা হিমকার নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইবার সময় জ্যাকেটের জল-স্রোতের শীতল আবেষ্টনে ঠাণ্ডা হইয়া তরলে পরিণত হয় এবং হিমকার নলের অপর মুখে বসানো গ্রাহক ফ্লাস্কে তরল রূপে সংগৃহীত হয়।

বিশেষ ধরনের পাতন

(Special process of distillation)

সাধারণ পাতন-পদ্ধতি ছাড়া আরও কয়েকটি বিশেষ ধরনের পাতন-পদ্ধতি রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় ব্যবহার করা হয়। এরূপ বিশেষ পাতন-পদ্ধতির নাম :

1. **আংশিক পাতন বা ফ্রাক্‌শনাল ডিস্‌টিলেশন** (Fractional distillation)।

2. **ন্যূনচাপ ও অল্পপ্রেষ পাতন তথা ডিস্‌টিলেশন আণ্ডার রিডিউস্‌ড্‌ প্রেসার** (Distillation under reduced pressure) এবং **ভ্যাকুয়াম ডিস্‌টিলেশন** (Vacuum distillation)।

3. অন্তর্ধূম বা সংহার পাতন বা শুষ্ক পাতন তথা ডেস্ট্রাকটিভ বা ড্রাই ডিস্টিলেশন [Destructive or Dry distillation] :

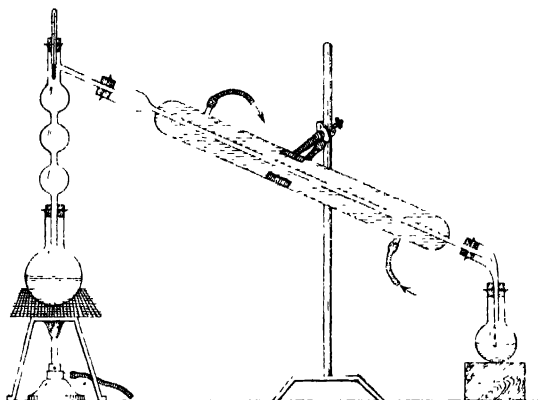
1. আংশিক পাতন (Fractional distillation)

কঠিন ও তরল পদার্থের দ্রবণ হইতে সাধারণ পাতন পন্থায় কঠিন দ্রাব ও তরল দ্রাবক পৃথক্ করা যায়। কিন্তু দুইটি তরল পদার্থের মিশ্রণে দ্রবণ তৈরী হইলে সাধারণ পাতন পন্থায় তরল দুইটিকে পৃথক করা যায় না। উদ্বায়ী তরল পদার্থের এরূপ দ্রবণ হইতে তরল দুইটি পৃথক করা হয় আংশিক পাতন প্রণালীতে।

বিভিন্ন তরলের স্ফুটনাংক অর্থাৎ যে-তাপাংকে তরল ফুটিতে আরম্ভ করে তাহা বিভিন্ন। জলের স্ফুটনাংক 100°C, ইথারের স্ফুটনাংক 35°C এবং বেঞ্জিনের স্ফুটনাংক 80°C ; তাই দুইটি তরলের মিশ্রণকে একটি উপাদানের নিম্নতর স্ফুটনাংকের তাপাংকে পাতিত করিলে নিম্ন স্ফুটনাংকের তরলটি পাতিত হইয়া গ্রাহক পাত্রে গিয়া সংগৃহীত হয় এবং উর্ধ্ব স্ফুটনাংকের তরলটি পাতন পাত্রে পড়িয়া থাকে। জৈব তরল ইথারের স্ফুটনাংক 35°C এবং জৈব তরল বেঞ্জিনের স্ফুটনাংক 80°C ; ইথার ও বেঞ্জিনের মিশ্রণ অর্থাৎ দ্রবণকে ইথারের নিম্নতর স্ফুটনাংকে (35°C) উত্তপ্ত করিয়া পাতিত করিলে ইথার বাষ্পায়িত হইয়া গ্রাহকে গিয়া জমা হইবে এবং পাতন পাত্রে পড়িয়া থাকিবে শুধু 80°C স্ফুটনাংকের বেঞ্জিন। 35°C তাপাংকে কিছু বেঞ্জিনও বাষ্পায়িত হয়। তাই পাতিত ইথারের সঙ্গে গ্রাহকে কিছু বেঞ্জিনও মিশ্রিত থাকে। পাতিত ইথারকে তাই 35°C তাপাংকে বার কয়েক পাতিত করিয়া ইথারকে সম্পূর্ণরূপে বেঞ্জিন হইতে পৃথক করা যায়।

খনিজ তেল (Petroleum) বিভিন্ন তাপাংকে আংশিক পাতিত করিয়া গ্যাসোলিন, বেঞ্জাইন তেল, কেরোসিন, ডিজেল তেল, লুব্রিকেটিং তেল, তরল প্যারাফিন, ভেসলীন ইত্যাদি প্রস্তুত করা হয়।

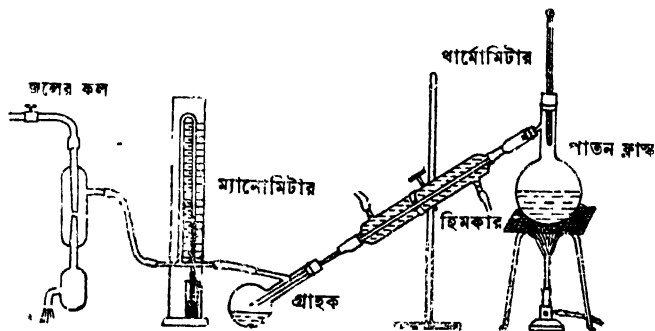
আংশিক পাতন (Fractional distillation) **: যথেষ্ট পৃথক্ স্ফুটনাঙ্কের দুইটি উদ্বায়ী - সকে নিম্নতর স্ফুটনাংকের তাপাংকে পাতিত করিয়া একটি তরল হইতে অন্য তরলকে পৃথক করিবার প্রণালীকে বলা হয় আংশিক পাতন পন্থা।** এরূপ পাতন পন্থায় মিশ্র তরলকে পৃথক করার জন্য তরল দুইটির স্ফুটনাংকে যথেষ্ট পার্থক্য থাকা প্রয়োজন।

আংশিক পাতন পন্থায় লিবিগ হিমকার ছাড়াও পাতন-পাত্রের সঙ্গে বিশেষ ধরনে তৈরী একটি আংশিক-নল বা ফ্র্যাকশনেটিং কলাম (Fractionating

আংশিক পাতন প্রণালী

column) সংযুক্ত থাকে। নিম্ন স্ফুটনাংকের তরল বাষ্পায়িত হইবার সময়ে উচ্চ স্ফুটনাংকের তরলও কিছু পরিমাণ বাষ্পে পরিণত হইতে অথবা উৎক্ষিপ্ত হইতে পারে। উর্ধ্ব স্ফুটনাংকের তরল এই ফ্র্যাকশনেটিং কলামে শীতল হইয়া আবার পাতন-পাত্রে পড়িয়া যায়। নিম্ন স্ফুটনাংকের তরল বাষ্পে পরিণত এবং হিমকারের আবেষ্টনে শীতল হইয়া পাতিত তরলে পরিণত হয়।

2. হ্রস্ব-চাপ পাতন (Distillation under reduced pressure) ও অনুপ্রেষ পাতন (Vacuum distillation)

জল 100°C তাপাংকে ফুটিতে আরম্ভ করে। কিন্তু জলের উপরের বায়ুর চাপ যদি হ্রাস করা যায় অর্থাৎ পাতন পাত্র হইতে যদি বায়ু বাহির করিয়া লওয়া যায় তবে জলের উপরে বায়ুর চাপ হ্রাস পায় এবং 100°C তাপাংকের চেয়ে কম তাপাংকে জল ফুটিতে আরম্ভ করে। কোন কোন তরল পদার্থকে স্ফুটনাংক পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে সেই তরল ভাঙিয়া যায় বা বিয়োজিত হইয়া যায়, অর্থাৎ সেই পদার্থে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং ইহা ভিন্ন পদার্থে পরিণত হয়। গ্লিসারিন, হাইড্রোজেন পারক্সাইড ইত্যাদি তরল পদার্থকে এরূপ অনুপ্রেষ অর্থাৎ ন্যূনচাপ পন্থায় পাতিত করা হয়। হাইড্রোজেন পারক্সাইডকে স্ফুটনাংকে

পাতিত করিলে ইহা ভাঙ্গিয়া জল ও অক্সিজেনে পরিণত হয়। সেইরূপ গ্লিসারিনও ভিন্ন পদার্থে রূপান্তরিত হয়। এরূপ তরল পদার্থকে স্ফুটনাংকের

অনুপ্রেষ পাতন

চেয়ে নিম্নতর উষ্ণতায় পাতিত করিতে হয়। ইহা করা হয় তরলের উপর হইতে বায়ুর চাপ হ্রাস করিয়া।

হ্রস্ব-চাপ পাতন বা অনুপ্রেষ পাতন ঃ কোন তরলের উপর হইতে বায়ুর চাপ কমাইয়া অর্থাৎ পাতন পাত্র ও গ্রাহক প্রায় বায়ুশূন্য করিয়া সেই তরলকে উহার নির্দিষ্ট স্ফুটনাংক হইতে নিম্নতর তাপাংকে পাতিত করার পদ্ধতিকে বলা হয় হ্রস্ব-চাপ পাতন বা অনুপ্রেষ পাতন বা ভ্যাকুয়াম ডিস্টিলেশন (Distillation under reduced pressure or Vacuum distillation)।

উপরে অনুপ্রেষ পাতন পন্থার একটি চিত্র দেওয়া হইয়াছে। কিভাবে গ্রাহক হইতে পাম্পের সাহায্যে হিমকার ও পাতন-পাত্র হইতে বায়ু বাহির করিয়া লইয়া গ্রাহকে হিমকার-নলে ও পাতন ফ্লাস্কে বায়ুর চাপ হ্রাস করা হয়, সাধারণভাবে চিত্রটি বিশ্লেষণ করিয়া তাহা সহজেই অনুধাবন করা যায়। এরূপ ব্যবস্থায় পাতন-পাত্র, হিমকার ও গ্রাহক পরস্পরে বায়ুবদ্ধ (air-tight) ভাবে ফিট করিয়া গ্রাহকের একটি পার্শ্ব-নল দ্বারা পাম্পের সাহায্যে এই যন্ত্র তিনটি হইতে বায়ু নিষ্কাশিত করিয়া পাত্র-তিনটি বায়ু-শূন্য করা হয় অথবা ইহাদের বায়ুর চাপ হ্রাস করা হয়।

4. অন্তর্ধূম বা সংহার পাতন

(Destructive or Dry Distillation)

আবদ্ধ পাত্রে কাঁচা কয়লাকে উচ্চতাপে উত্তপ্ত করিলে কয়লার রাসায়নিক গঠন ভাঙ্গিয়া ইহা বিশ্লিষ্ট হইয়া যায় এবং নানারকম গ্যাস, তরল ও কঠিন পদার্থ তৈরী হয়। এই গ্যাসগুলি শীতল পরিবেশে ঘনীভূত করিয়া গ্রাহক পাত্রে সংগ্রহ করা যায়। কয়লা হইতে নির্গত এরূপ গ্যাসে পাওয়া যায় অ্যামোনিয়া, আল্‌কাতরা ইত্যাদি বস্তু এবং জ্বালানী গ্যাস পাতন পাত্রে অবশেষরূপে পড়িয়া থাকে কোক অর্থাৎ পোড়া কয়লা। অন্তর্ধূম পাতনপন্থায় কাঠ হইতে নানারূপ কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় পদার্থ পাওয়া যায়।

অন্তর্ধূম বা সংহার পাতন

(Dry or Destructive Distillation)

অন্তর্ধূম বা সংহার পাতন : কোন পদার্থকে আবদ্ধ পাত্রে ভরিয়া বায়ুরুদ্ধ অবস্থায় উত্তপ্ত করিলে তাহা যদি রাসায়নিক বিভঞ্জন ক্রিয়ার (chemical decomposition) ফলে উদ্বায়ী ও অনুদ্বায়ী অংশে বিভক্ত হইয়া যায় এবং বিক্রিয়ার ফলে প্রাপ্ত এরূপ অংশ দুইটি মিশ্রিত করিয়া যদি মূল পদার্থটিকে পুনর্গঠিত করা সম্ভব না হয় তাহা হইলে এরূপ রাসায়নিক বিক্রেয়াকে অন্তর্ধূম বা সংহার পাতন অথবা ড্রাই বা ডেস্ট্রাকটিভ ডিষ্টিলেশন (Dry or destructive distillation) বলা হয়।

কয়লাকে বায়ুরুদ্ধ অবস্থায় অন্তর্ধূম পাতন পদ্ধতিতে পাতিত করিলে কয়লার মধ্যে রাসায়নিক বিভঞ্জন ক্রিয়া ঘটে এবং এরূপ বিক্রিয়ার ফলে অনুদ্বায়ী অংশরূপে পাতন পাত্রে কোক ও গ্যাস কার্বন পাওয়া যায় এবং গ্রাহক পাত্রে সংগৃহীত হয় তরল লাইকার অ্যামোনিয়া ও আল্‌কাতরা এবং কোল গ্যাস। কাঠের অন্তর্ধূম পাতনে অনুদ্বায়ী অংশে পাওয়া যায় চারকোল বা অঙ্গার এবং উদ্বায়ী অংশে তরল পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড ও উড-গ্যাস। আলকাতরার অন্তর্ধূম পাতনে অনুরূপভাবে পাওয়া যায় অনুদ্বায়ী অংশে পিচ এবং উদ্বায়ী অংশে লঘু তেল, কার্বলিক তেল, ক্রিয়োজোট তেল এবং অ্যানথ্রাসিন তেল। অন্তর্ধূম পাতনে প্রাপ্ত উদ্বায়ী ও অনুদ্বায়ী অংশ মিশ্রিত করিয়া কয়লা বা কাঠ বা আল্‌কাতরা পুনর্গঠিত করা যায় না।

সাধারণ পাতন, আংশিক পাতন ও অন্তর্ধূম পাতনের পার্থক্য

(Different characteristics of distillation, fractional distillation and destructive or dry distillation)

সাধারণ পাতন	আংশিক পাতন	অন্তর্ধূম পাতন
1. কঠিন ও তরলের মিশ্রিত দ্রবণ পাতিত করিয়া কঠিন দ্রাব ও তরল দ্রাবক পৃথক করা যায়।	1. পৃথক স্ফুটনাংকের মিশ্র তরলের উপাদান পৃথক করা যায়।	1. কঠিন বস্তুর রাসায়নিক বিভঞ্জন ঘটাইয়া বিভিন্ন রাসায়নিক পদার্থ সংগ্রহ করা যায়।
2. উদ্বায়ী ও অনুদ্বায়ী অংশ মিশ্রিত করিয়া মূল দ্রবণ পুনরায় তৈরী করা যায়।	2. অবশেষ ও পাতিত তরলরূপে প্রাপ্ত পৃথক তরল মিশ্রিত করিয়া মূল মিশ্র তরল পুনরায় তৈরী করা যায়।	2. উদ্বায়ী ও অনুদ্বায়ী অংশ মিশ্রিত করিয়া মূল পদার্থ পুনর্গঠিত করা যায় না।
3. পাতন-পাত্রে দ্রবণ স্থির ও নির্দিষ্ট তাপাংকে ফুটিতে থাকে।	3. নিম্নতর স্ফুটনাংকের তরলের স্ফুটনাংকে উত্তাপ নিয়ন্ত্রিত করিয়া পাতন-পাত্রের তাপাংক স্থির রাখা হয়।	3. নির্দিষ্ট তাপাংকে অন্তর্ধূম পাতন সুরু হইলেও পাতন-পাত্রের তাপাংক স্থির বা নির্দিষ্ট থাকে না।
4. জলীয় দ্রবণের পাতন ক্রিয়ার তাপাংক 100°C-এর কাছাকাছি থাকে।	4. আংশিক পাতনের তাপাংক সাধারণত খুব বেশি হয় না। পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতনের তাপাংক ক্রমে ক্রমে 350°C তাপাংক পর্যন্ত তোলা হয়।	4. অন্তর্ধূম পাতনের জন্য উচ্চ তাপাংকের প্রয়োজন। কাঠের ক্ষেত্রে 350°C, কয়লার 1000°C এবং আলকাতরার 1000°C — 1400°C তাপাংকে অন্তর্ধূম পাতন সুরু হয়।
5. দ্রবণ হইতে দ্রাব ও দ্রাবক তথা কঠিন ও তরল পদার্থ পৃথক করার জন্য এই পদ্ধতির অনুসরণ করা হয়।	5. মিশ্র তরলের উপাদান পৃথক করার জন্য এই পদ্ধতির প্রয়োগ করা হয়।	5. ইহা বস্তুত এক প্রকারের রাসায়নিক বিক্রিয়া এবং ইহা প্রয়োগ করা হয় কোন জটিল যৌগ ভাঙ্গিয়া বিভিন্ন নতুন পদার্থ তৈরী করার উদ্দেশ্যে।

[বিভিন্ন পাতন পদ্ধতির পার্থক্য এবং অন্তর্ধূম পাতনের প্রকৃতি পুনঃপঠনের সময় সহজবোধ্য হইবে।]

লবণ ও বালির মিশ্রণ পৃথক্‌করণ

(Separation of a mixture of sand and salt)

পরীক্ষা (Experiment) **:** একটি বীকারে এক চামচ লবণ ও এক চামচ বালি লও এবং তার মধ্যে প্রায় আধ বীকার পরিমাণ জল মিশাও। জল-ভরা বীকারটি বুনসেন দীপে গরম কর। জলের মধ্যে দ্রবণীয় লবণ সম্পূর্ণভাবে মিশিয়া যাইবে কিন্তু অদ্রবণীয় বালুকণাগুলি অমিশ্রিত অবস্থায় জলের মধ্যে ভাসিতে থাকিবে।

ফানেলের মধ্যে ফিলটার কাগজ বসাও এবং ফানেলের নীচে একটি বীকার রাখ এবং লবণ-জলের দ্রবণ ছাঁকিয়া বীকারের মধ্যে সংগ্রহ কর। ফিল্‌টার কাগজের উপরে বালুকণাগুলি পড়িয়া থাকিবে এবং লবণ-জলের দ্রবণ ফিলটার কাগজের ভিতর দিয়া নীচের পাত্রে চুয়াইয়া পড়িয়া যাইবে। নীচের বীকারে সংগৃহীত তরল লবণ-জলের দ্রবণ। এই দ্রবণ একটি চীনামাটির বেসিনে রাখিয়া দীপের সাহায্যে বাষ্পায়িত কর। জল বাষ্পে পরিণত হইবে এবং পাত্রে পড়িয়া থাকিবে শুধু লবণের কঠিন দানা। সুতরাং ফিল্‌টার কাগজে অবশেষরূপে পড়িয়া থাকিবে বালি এবং পরিস্রুত লবণ-জল বাষ্পীকরণের পরে অবশেষরূপে বেসিনে পাওয়া যাইবে লবণ।

এইভাবে জলের মধ্যে দ্রবণীয় ও অদ্রবণীয় পদার্থের মিশ্রণ প্রথমে পরিস্রাবণ এবং পরে বাষ্পীকরণ পদ্ধতিতে পৃথক্ করিয়া পুনরায় সংগ্রহ করা যায়। জলের মধ্যে পাথরকুচি ও চিনি, ধূলি ও লবণ অথবা বালি ও তুঁতে মিশাইলে এইভাবে প্রথমে জলীয় মিশ্রণ ছাঁকিয়া পাথরকুচি, ধূলি ও বালি এবং পরিস্রুত তরল বাষ্পীভূত করিয়া চিনি, লবণ ও তুঁতে পৃথক্ করা যায়। [তুঁতের দ্রবণ তৈরী করার সময় কয়েক ফোঁটা সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইতে হয়।]

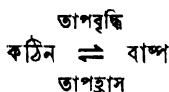
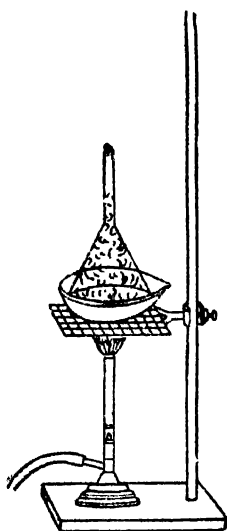
ঊর্ধ্বপাতন বা সাবলিমেশন (Sublimation)

কর্পূর কখনও খোলা কৌটায় রাখা যায় না। কারণ, কর্পূর বায়ুতে উড়িয়া যায়, অর্থাৎ বাষ্প হইয়া যায়। আইয়োডিন অথবা ন্যাপ্‌থালিন খোলা পাত্রে রাখিলে কর্পূরের মত বাষ্প হইয়া উড়িয়া যায়। অন্য কোন কঠিন পদার্থের বেলায় কিন্তু এরূপ হয় না। বরফ গলিয়া প্রথমে জলে পরিণত হয় এবং জল উত্তপ্ত হইলে বাষ্পরূপে উড়িয়া যায়। তাপের প্রভাবে কঠিন পদার্থ প্রথমে তরল এবং তারপরে সেই তরল বাষ্পে পরিণত হয়। ইহাই সাধারণ নিয়ম। কিন্তু কর্পূর ও আইয়োডিনের ন্যায় কয়েকটি পদার্থ তাপের প্রভাবে প্রথমে তরলে পরিণত না হইয়া তরল অবস্থাটি ডিঙাইয়া সরাসরি কঠিন অবস্থা হইতেই বাষ্পীয় অবস্থায় পরিণত হয় এবং সেই বাষ্প আবার শীতল করিলে কঠিন পদার্থে পরিণত হয়।

ঊর্ধ্বপাতন (Sublimation) **: যে পদ্ধতিতে কোন কঠিন পদার্থ উত্তপ্ত করিবার ফলে প্রথমে তরল অবস্থায় পরিণত না হইয়া সরাসরি বাষ্পে পরিণত হয় এবং সেই বাষ্পকে আবার শীতল করা হইলে**

সরাসরি কঠিন পদার্থের অবস্থা লাভ করে সেই পদ্ধতিকে বলা হয় ঊর্ধ্বপাতন বা সাবলিমেশন।

যে পদার্থ ঊর্ধ্বপাতিত হয় তাহাকে বলা হয় **ঊর্ধ্বক্ষেপ** বা উৎক্ষেপ বা **সাবলিমেট** (Sublimate)। সংক্ষেপে ঊর্ধ্বপাতন ক্রিয়া অনুরূপ :

$$\text{কঠিন} \underset{\text{তাপহ্রাস}}{\overset{\text{তাপবৃদ্ধি}}{\rightleftharpoons}} \text{বাষ্প}$$

পরীক্ষা (Experiment) : একটি চীনামাটির বেসিনে কিছু আইয়োডিন বা ন্যাপথালিন বা কর্পূর লও। একটি ফানেল লইয়া তুলা দিয়া ফানেলের নলটি বন্ধ করিয়া সেই ফানেলটি একটি সিক্ত ফিল্টার কাগজ দ্বারা ঢাকিয়া দাও। এই ফানেলটি এখন উপুড়

ঊর্ধ্বপাতন ও উৎক্ষেপ

ঊর্ধ্বপাতন

করিয়া বেসিনের আইয়োডিনের উপর বসাইয়া দাও। ফানেলসহ চীনামাটির বেসিনটি একটি অ্যাস্‌বেস্টস্‌-লেপা তার-জালের উপরে ত্রিপদে বসাও এবং দীপের সাহায্যে বাটিটিকে সামান্য উত্তপ্ত করে। দেখিবে, কিছুক্ষণের মধ্যেই আইয়োডিন, ন্যাপথালিন বা কর্পূর (camphor) উৎক্ষিপ্ত হইয়া ফানেলের গোড়ায় গিয়া সঞ্চিত হইয়াছে এবং পাত্রে আর আইয়োডিন বা অনুরূপ পদার্থ অবশিষ্ট নাই। নিশাদলও এইভাবে ঊর্ধ্বপাতিত করা যায়।

আয়োডিন, কর্পূর বা নিশাদলের সঙ্গে বালি, চিনি, পাথরকুচি বা অন্য কোন কঠিন পদার্থ মিশ্রিত থাকিলে এরূপ ঊর্ধ্বপাতন পন্থায় মিশ্রণ হইতে আইয়োডিন

কর্পূর বা নিশাদল পৃথক করিয়া লওয়া যায়। পাত্রে পড়িয়া থাকে বালি, চিনি, পাথরকুচি ইত্যাদি পদার্থ এবং ফানেলের গায়ে উৎক্ষিপ্ত হইয়া জমা হয় বিশুদ্ধ আইয়োডিন, কর্পূর, নিশাদল ইত্যাদি পদার্থ।

উদ্বায়ী (Volatile) ও অনুদ্বায়ী (Non-volatile) পদার্থ

স্বাভাবিক তাপে অথবা উত্তাপনে যে-সকল পদার্থ ধীরে ধীরে বাষ্পে পরিণত হয় তাঁহাদের **উদ্বায়ী** বা **ভোলেটাইল পদার্থ** (Volatile substance) বলা হয়। যথা : জল, স্পিরিট, ইথার, কর্পূর, আইয়োডিন ইত্যাদি। কিন্তু সব উদ্বায়ী পদার্থকে উর্ধ্বপাতিত করা যায় না। জল, স্পিরিট বা ইথার উর্ধ্বপাতিত হয় না। কিন্তু কর্পূর বা আইয়োডিন উর্ধ্বপাতিত হয়। চিনি, লবণ, তুঁতে, মাটি ইত্যাদি পদার্থ বাষ্পে পরিণত হয় না বলিয়া ইহাদের **অনুদ্বায়ী** বা **নন-ভোলেটাইল** (Non-volatile) পদার্থ বলা হয়।

নিশাদল, লবণ ও বালির মিশ্রণ পৃথক্‌করণ

(Separation of a mixture of ammonium chloride, sand and salt)

পরীক্ষা (Experiment) : নিশাদল, লবণ ও বালির মিশ্রণ প্রথমে পোরসেলিন বেসিনে রাখিয়া একটি ফানেল দ্বারা ঢাকিয়া দেওয়া হইল। [ফানেলের নলটি তুলা দিয়া বন্ধ করিয়া দেওয়া হইয়াছে।] এই ফানেলটি একটি সিক্ত ফিলটার কাগজে মুড়িয়া দিয়া ফানেল ঢাকা পোরসেলিন পাত্রটি ত্রিপদের উপরে তারজালের রাখিয়া বুনসেন বার্নারের সাহায্যে স্বল্প উত্তপ্ত করা হয়। নিশাদল উর্ধ্বপাতিত হইয়া ফানেলের অভ্যন্তরে সঞ্চিত হইবে এবং বেসিনে অবশেষরূপে পড়িয়া থাকিবে লবণ ও বালি।

এই লবণ ও বালির মিশ্রণে জল ঢালিয়া কাচের দণ্ডের সাহায্যে মিশ্রণ নাড়িয়া দিলে দ্রবণীয় পদার্থ লবণের দ্রবণ তৈরী হইবে এবং অদ্রবণীয় পদার্থরূপে বালি আংশিক নিচে পড়িয়া থাকিবে এবং আংশিক দ্রবণ ঘোলা করিয়া ভাসিতে থাকিবে। এই দ্রবণ ফানেলে স্থাপিত ফিলটার কাগজের সাহায্যে পরিস্রুত করিলে ফিলটার কাগজে অবশেষরূপে পড়িয়া থাকিবে বালি।

পরিস্রুত লবণ দ্রবণ পোরসেলিন বেসিনে বাষ্পীভূত করিলে বাষ্পীভবণের অবশেষে পাওয়া যাইবে শুষ্ক লবণ।

এই ভাবে প্রথমে উর্ধ্বপাতন পন্থায় নিশাদল, দ্রবণ প্রস্তুতি ও পরিস্রাবণ পন্থায় বালি এবং লবণ দ্রবণের বাষ্পীভবন পদ্ধতিতে লবণ মিশ্রণ হইতে পৃথক করা যায়।

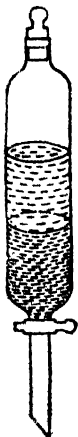
কর্পূর, চিনি ও খড়িমাটি এবং আইয়োডিন অথবা ন্যাপথালিন, তুঁতে ও বালির মিশ্রণের উপাদানও এরূপ একইভাবে পৃথক্ করা যায়।

পাতন ও ঊর্ধ্বপাতন পদ্ধতির তুলনা

পাতন	ঊর্ধ্বপাতন
1. তরলকে বাষ্পে পরিণত করিয়া বাষ্পকে পুনরায় তরলে পরিণত করার পদ্ধতিকে বলা হয় পাতন।	1. কঠিন পদার্থকে সরাসরি বাষ্পে পরিণত করিয়া সেই বাষ্পকে শীতল করিয়া পুনরায় কঠিন পদার্থে পরিণত করার পদ্ধতিকে বলা হয় ঊর্ধ্বপাতন।
2. সাধারণত তরল পদার্থের পাতন সম্ভব।	2. আইয়োডিন, কর্পূর ইত্যাদি ন্যায় বিশেষ ধরনের কঠিন পদার্থের ঊর্ধ্বপাতন সম্ভব।
3. সব রকম তরল পদার্থেরই পাতন সম্ভব।	3. সব রকম কঠিন পদার্থের ঊর্ধ্বপাতন সম্ভব নয়।
4. পাতন ক্রিয়ায় দ্রবণের স্ফুটনাংক নির্দিষ্ট থাকে।	4. ঊর্ধ্বপাতন ক্রিয়ার সময় তাপাংক নির্দিষ্ট থাকে না।

নিষ্কাশন (Extraction)

পরীক্ষা (Experiment) ঃ একটি জল-ভরা বীকারে কয়েক দানা আইয়োডিন মিশাও। আইয়োডিন দ্রবণের রঙ হইবে বাদামী। এই আইয়োডিনের জলীয় দ্রবণ একটি **বিচ্ছেদক বা সেপারেটিং ফানেলে** ভর।

[বিচ্ছেদক বা সেপারেটিং ফানেল (separating funnel) একটি বিশেষ ধরনের ফানেল এবং দেখিতে ডিম্বাকৃতি। ফানেলের নলটি সাধারণত লম্বা। ফানেলের পাত্রে নীচের দিকের নলটি একটি কাচের ছিপি দিয়া আঁটা থাকে। এই ছিপিটি ঘুরাইয়া নলটি খোলা যায় এবং বন্ধ করা যায়। উপরের মুখটিও কাচের বা কর্কের ছিপি দ্বারা বন্ধ করা হয়। এরূপ ফানেলে ফিল্টার কাগজ ব্যবহার করা হয় না। বিভিন্ন ঘনত্বের মিশ্রিত তরল পৃথক্ করার জন্য এরূপ ফানেল ব্যবহার করা হয়।]

বিচ্ছেদক ফানেল

এরূপ ফানেলের মধ্যে আইয়োডিন দ্রবণের সঙ্গে সম-আয়তন ইথার মিশাও [ইথার স্পিরিটের মত একটি তরল জৈব পদার্থ]। ফানেলের ছিপি বন্ধ করিয়া ফানেলটি বেশ করিয়া ঝাঁকাইয়া ফানেলটি ধারকের সাহায্যে লোহার বলয়ের মধ্যে স্থিরভাবে রাখিয়া দাও। দেখিবে, আইয়োডিনের জলীয় দ্রবণ হইতে ইথার আইয়োডিন চুষিয়া লইয়া আইয়োডিন-ইথারের দ্রবণ তৈয়ারী করিয়াছে এবং ইথার আইয়োডিনের দ্রবণটি দেখিতে হইয়াছে বাদামী। অন্যদিকে আইয়োডিনের দ্রবণ হইতে আইয়োডিন অপসারিত হওয়ার ফলে জল প্রায় বর্ণহীন হইয়া গিয়াছে। ইথারের চেয়ে ভারী বলিয়া জল ফানেলের নীচের অংশে জমা হইবে এবং জলের উপরে একটি

সুস্পষ্ট স্তরে বাদামী রঙের ইথার-আইয়োডিন দ্রবণ ভাসিতে থাকিবে। ফানেলের তলার দিকের কাচের ছিপি ঘুরাইয়া জল ফেলিয়া দাও। তারপরে ইথার-আইয়োডিন দ্রবণ ফানেল হইতে ঢালিয়া একটি পাত্রে রাখিয়া দাও। তরল ইথার কিছুক্ষণের মধ্যে বাষ্পরূপে উড়িয়া যাইবে এবং পাত্রে পড়িয়া থাকিবে শুধু কঠিন আইয়োডিন।

নিষ্কাশন (Extraction): **কোন তরলের সাহায্যে কোন কঠিন বা তরল পদার্থকে বিচ্ছিন্ন করিয়া লওয়ার প্রণালীকে বলা হয় নিষ্কাশন** বা **এক্স্‌ট্রাক্‌শন**। উপরের পরীক্ষায় আইয়োডিনের জলীয় দ্রবণ হইতে ইথার আইয়োডিনকে বিচ্ছিন্ন করিয়া ইথার-আইয়োডিন দ্রবণ তৈরী করে বলিয়া ইথার এই ক্ষেত্রে **নিষ্কাশনের** কাজ করে। ইথার বা অ্যালকোহলের সাহায্যে ফুলের গন্ধ নিষ্কাশিত করা যায়। বাদাম পিষিয়া ইথার বা অ্যালকোহল নামের তরলের সাহায্যে বাদাম তেল নিষ্কাশিত করা যায়।

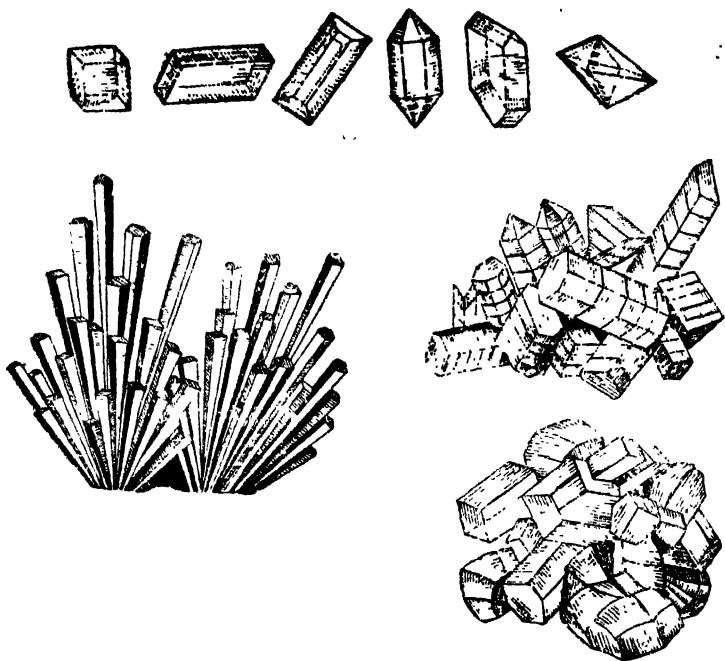
ব্যাপক অর্থে নিষ্কাশন শব্দের অর্থ একাধিক মিশ্রিত বা যৌগিক পদার্থ হইতে কোন একটি উপাদানকে পৃথক করিয়া সংগ্রহ করা। লোহা, তামা সীসা ইত্যাদি ধাতুর আকরিকগুলি বিভিন্ন পদার্থের যৌগরূপে গঠিত। এরূপ বিভিন্ন পদার্থের সংযোগ হইতে কোন ধাতুকে বিচ্ছিন্ন করিয়া সংগ্রহ করার পদ্ধতিকেও **নিষ্কাশন** বলা হয়। ধাতু নিষ্কাশন ধাতুবিদ্যার এক বিশেষ পদ্ধতি।

স্ফটিক ও স্ফটিকীকরণ বা কেলাসন
(Crystal and Crystallisation)

কোন কোন কঠিন পদার্থের দানা দেখিতে খুব সুন্দর, প্রায় স্ফটিকের মত। মিছরি বা ফটকিরির দানাগুলি সুস্পষ্ট রেখায় গঠিত এবং দানার পিঠগুলি যেমন মসৃন তেমনি সমতল। এরূপ দানাদার পদার্থকে বলা হয় **স্ফটিক** বা **কেলাস** অথবা **ক্রিস্টেল** এবং ইহাদের আকৃতিকে বলা হয় **স্ফটিকাকার** বা **ক্রিস্টেলাইন** (Crystalline)। লবণ, চিনি, তুঁতে, নিশাদল দেখিতে স্ফটিকাকার। কোন কোন স্ফটিক দেখিতে পিরামিডের ন্যায়, কোনটি গঠনে ত্রি-শিরা আকারের। বিভিন্ন পদার্থের স্ফটিকের বিভিন্ন আকার দেখা যায়। লবণের স্ফটিকের ছয়টি সমতল পিঠ, ফটকিরির আটটি।

অনেক পদার্থের আবার কোন আকার থাকে না। যেমন চুন ও কাচ। এইসব সুনির্দিষ্ট আকারহীন পদার্থকে বলা হয় **অনিয়তাকার** বা **অ্যামোরফাস** (amorphous) বস্তু।

স্ফটিক বা কেলাস (Crystal) : কঠিন পদার্থের ঘন দ্রবণ বা বিগলিত কঠিন পদার্থ শীতল করিয়া প্রাপ্ত বিভিন্ন সমতল পৃষ্ঠ-বিশিষ্ট জ্যামিতিক আকারে গঠিত কঠিন দানাকে স্ফটিক বা ক্রিস্টেল বলা হয়।

কঠিন পদার্থের এক শ্রেণী নিয়তাকার বা স্ফটিকাকার। যথা তুঁতে, সোরা, লবণ ইত্যাদি। অপর শ্রেণী অনিয়তাকার। যথা : অঙ্গার, কাচ, পিচ ইত্যাদি।

বিভিন্ন আকারের স্ফটিক

যে-সকল পদার্থ জলে দ্রবীভূত হয় তাদের স্ফটিক সহজেই তৈরী করা যায়। যে-কঠিন পদার্থের স্ফটিক তৈরী করা প্রয়োজন, উচ্চ তাপাংকে সেই পদার্থের বিশেষ ঘন জলীয় দ্রবণ তৈরী করিয়া সেই দ্রবণকে ঠাণ্ডা করিলেই কঠিন পদার্থ স্ফটিকরূপে বিচ্ছিন্ন হইয়া পাত্রের তলায় পড়িয়া যায়।

স্ফটিকীকরণ বা কেলাসন (Crystallistation) **: উচ্চ তাপাংকে প্রস্তুত কোন পদার্থের অতি-ঘন দ্রবণ ধীরে ধীরে শীতল করিয়া বা লঘু দ্রবণ মন্থর গতিতে বাষ্পীভূত করিয়া বা উত্তাপে বিগলিত কোন পদার্থকে শীতল করিয়া অথবা কোন পদার্থকে ঊর্ধ্বপাতিত করিয়া যদি সেই পদার্থের নিয়মিত সমতল-যুক্ত জ্যামিতিক আকারে গঠিত স্ফটিক তৈরী করা যায় তাহা হইলে সেই পদ্ধতিকে কেলাসন বা স্ফটিকীকরণ বা ক্রিস্টেলাইজেশন বলা হয়।**

এইভাবে তুঁতে, লবণ, চিনি, ফটকিরি বা নিশাদলের স্ফটিক (crystal) তৈরী করা যায়।

স্ফটিকীকরণের উপায় (Preparations of Crystals) : স্ফটিক তৈরী করা যায় চার উপায়ে। প্রথমত, কঠিন পদার্থের জলীয় দ্রবণ বাষ্পীভবন পদ্ধায় ঘন করিয়া এবং সেই ঘন দ্রবণ ঠাণ্ডা করিয়া স্ফটিক তৈরী করা যায়। চিনি, তুঁতে ইত্যাদির স্ফটিক এইভাবে তৈরী করা সম্ভব।

দ্বিতীয়ত, কপার সালফেট বা তুঁতের ন্যায় পদার্থের লঘু দ্রবণ সরাসরি ধীরে ধীরে বাষ্পীভূত করিয়া স্ফটিক তৈরী করা যায়।

তৃতীয়ত, উদ্বায়ী কঠিন পদার্থকে ঊর্ধ্বপাতিত করিয়া স্ফটিক তৈরী করা যায়। যথা : আইয়োডিন ও নিশাদল স্ফটিক এইভাবে তৈরী করা যায়।

চতুর্থত, কঠিন পদার্থকে উত্তাপে বিগলিত করিয়া সেই বিগলিত পদার্থ ঠাণ্ডা করিয়া ইহার স্ফটিক তৈরী করা যায়। এইভাবে গন্ধকের স্ফটিক তৈরী করা সম্ভব।

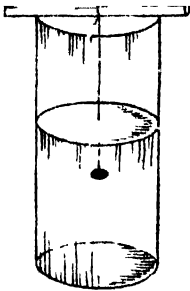
(i) **পরীক্ষা** (Expt) : একটি বড় বীকারের জলে তুঁতে মিশাও এবং ইহার মধ্যে সালফিউরিক অ্যাসিড (কয়েক ফোঁটা) মিশাও। তুঁতের অর্থাৎ কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণ বেশ করিয়া গরম কর। যতক্ষণ পর্যন্ত বীকারের নীচে কঠিন পদার্থ তলাইয়া না পড়িবে ততক্ষণ পর্যন্ত উত্তপ্ত জলের মধ্যে তুঁতে মিশাও। তারপর দ্রবণটিকে ফিলটার কাগজে ছাঁকিয়া লও এবং এই দ্রবণ দীপের সাহায্যে বেশ উত্তপ্ত কর এবং দ্রবণের জলীয় অংশ বাষ্পায়িত করিয়া দ্রবণটি অতি ঘন (concentrated) কর। তারপর ঘন দ্রবণটি বীকারের মধ্যে স্থিরভাবে ঠাণ্ডায় রাখিয়া দাও ; একদিন পরে দেখিবে যে, বীকারের নীচে তুঁতের জ্যামিতিক আকারের সমতল পৃষ্ঠযুক্ত সুন্দর স্ফটিক পড়িয়াছে। বীকারের তরল ঢালিয়া ফেলিয়া স্ফটিকগুলি ব্লটিং কাগজে মুছিয়া শুকাইয়া লও। স্ফটিকগুলি (crystals) দেখিতে হইবে নীলাভ বর্ণের এবং সুন্দর ও সুস্পষ্ট আকারের।

(ii) **পরীক্ষা :** একটি পোরসেলিন বেসিনে পটাসিয়াম নাইট্রেট বা সোরার লঘু জলীয় দ্রবণ লও। ত্রিপদ স্ট্যাণ্ডের উপরে তার-জালের উপরে রাখিয়া এই দ্রবণ ধীরে

ধীরে উত্তপ্ত করিয়া ইহাকে বাষ্পায়িত করিয়া ঘন কর। এই ঘন দ্রবণটি ঠাণ্ডায় রাখিয়া দিলে নাইটারের বর্ণহীন, স্বচ্ছ ও নিয়মিত আকারের স্ফটিক দ্রবণের নিচে সঞ্চিত হইবে। ইহা ছাঁকিয়া লও এবং ফিলটার কাগজ দ্বারা মুছিয়া স্ফটিকগুলি শুষ্ক করিয়া লও।

সরাসরি তাপের সাহায্যে দ্রবণ সম্পূর্ণ বাষ্পীভূত করিয়াও স্ফটিক তৈরী করা যায় কিন্তু এরূপ স্ফটিক আকারে ক্ষুদ্র দানার মত দেখাইবে।

(iii) **পরীক্ষা :** একটি পোরসেলিন বেসিনে নিশাদল বা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড লও। একটি ফানেলের নল তুলা দিয়া বন্ধ করিয়া বেসিনের নিশাদল সেই ফানেল দিয়া ঢাকিয়া দাও। এই ফানেলটি এখন একটি সিক্ত ফিলটার কাগজ দিয়া মুড়িয়া দাও। এই অবস্থায় ত্রিপদের তার-জালের উপরে রাখিয়া বেসিনটি স্বল্প তাপে উত্তপ্ত কর। দেখিবে, ফানেলের অভ্যন্তরে উর্ধ্বপাতিত হইয়া নিশাদলের স্ফটিক সঞ্চিত হইয়াছে।

(iv) **পরীক্ষা** (Expt) **:** একটি পোরসেলিন পাত্রে পরিষ্কার গন্ধক লও এবং বুন্‌সেন দীপের তাপে গন্ধকের দানাগুলি গলাও। বিগলিত গন্ধকসহ পাত্রটি ঠাণ্ডায় রাখিয়া দাও। গন্ধকের উপর একটি কঠিন সর পড়িবে। কিছুক্ষণ পরে কাচের শলা দিয়া একটা ফুটা করিয়া অবশিষ্ট তরল গন্ধক অন্য পাত্রে ঢালিয়া লও। সরের নীচে লম্বা আকারের ঝালরের মত গন্ধকের স্ফটিক গঠিত হইবে।

স্ফটিকের আকার বৃদ্ধি

স্ফটিকের আকার বৃদ্ধির পরীক্ষা : একটি পাত্রে তুঁতে তথা কপার সালফেটের পরিস্রুত দ্রবণ তৈরী কর এবং সেই দ্রবণ জাল দিয়া বেশ ঘন কর। এই দ্রবণের মধ্যে একটি তুঁতের স্ফটিক সূতা দিয়া বাঁধিয়া ধারকের সাহায্যে ঝুলাইয়া দাও। দ্রবণ ঠাণ্ডা হইলে দেখিবে, দ্রবণর তুঁতে ঝুলন্ত স্ফটিকের গায়ে জমিয়া উঠিয়াছে এবং তার ফলে তুঁতের স্ফটিকটির আকার বাড়িয়া গিয়াছে। এইভাবে মিছরি বা ফটকিরির স্ফটিকও আকারে বড় করা যায়।

[স্ফটিক সম্বন্ধে জল-অধ্যায়ে বিস্তৃত আলোচনা করা হইয়াছে।]

অধঃক্ষেপণ (Precipitation)

(i) **পরীক্ষা :** একটি পরীক্ষা-নলে লবণ (সোডিয়াম ক্লোরাইড) দ্রবণ লও এবং আরেকটি পরীক্ষা-নলে লও সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ। এই দ্রবণ দুইটি মিশাও। দেখিবে যে স্বচ্ছ ও বর্ণহীন দ্রবণ দুইটির সংযোগে দইয়ের মত সাদা এক প্রকার অদ্রবণীয় পদার্থ সৃষ্টি হইবে এবং তাহা মিশ্রণের তলায় থিতাইয়া পড়িবে।

(ii) **পরীক্ষা :** একটি বীকারে ঘন তুঁতে দ্রবণ (কপার সালফেট দ্রবণ) তৈরী কর। এই নীল-তুঁতে দ্রবণের মধ্যে একটি ছুরির পাত ডুবাইয়া রাখ। দেখিবে, ছুরির পাতের উপরে তামার আস্তরণ পড়িবে।

(iii) **পরীক্ষা ঃ** একটি পরীক্ষা-নলে লেড নাইট্রেট দ্রবণ লও এবং ইহার মধ্যে পটাসিয়াম ক্রোমেট দ্রবণ মিশাও। একটি অদ্রবণীয় হলুদ পদার্থ সৃষ্টি হইবে এবং দ্রবণের নিচে পড়িতে আরম্ভ করিবে।

(iv) **পরীক্ষা ঃ** একটি পরীক্ষা-নলে হলুদবর্ণের ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ লও এবং ইহার মধ্যে পটাসিয়াম ফেরোসায়নাইড দ্রবণ মিশাও। এরূপ দ্রবণ মিশ্রণে গাঢ় নীলবর্ণের অদ্রবণীয় পদার্থ সৃষ্টি হইবে এবং ইহা তলায় পড়িতে আরম্ভ করিবে।

উপরের প্রতিটি পরীক্ষা অধঃক্ষেপণের রাসায়নিক পদ্ধতির উদাহরণ।

অধঃক্ষেপণ (Precipitation) ঃ দুইটি বা ততোধিক দ্রবণের মিশ্রণে যদি পরস্পরের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং তার ফলে কোন অদ্রবণীয় পদার্থ সৃষ্টি হইয়া মিশ্রিত দ্রবণের তলায় পড়িতে থাকে তাহা হইলে সেই পদ্ধতিকে অধঃক্ষেপণ বা প্রিসিপিটেশন বলা হয়।

একটি দ্রবণের মধ্যে কোন কোন ক্ষেত্রে কঠিন পদার্থ মিশ্রিত করিলেও অধঃ-ক্ষেপণ ঘটিতে পারে। কপার সালফেট দ্রবণে স্থাপিত লোহার পাতের উপরে তামার অধঃক্ষেপণ ঘটে। সিলভার নাইট্রেট দ্রবণে জিংকদানা ফেলিলে তাহার উপরে রূপার অধঃক্ষেপ পড়ে।

অধঃক্ষেপণের বিক্রিয়ায় যে নতুন অদ্রবণীয় পদার্থ সৃষ্টি হইয়া দ্রবণের তলায় থিতাইয়া পড়ে অথবা দ্রবণে রক্ষিত অন্য কোন অদ্রবণীয় কঠিন পদার্থের উপরে সঞ্চিত হয় তাহাকে **অধঃক্ষেপ** বা **প্রেসিপিটেট** (Precipitate) বলা হয়। শীতল অবস্থায় কোন দ্রবণের মিশ্রণে অধঃক্ষেপণ সুরু হইলে উত্তাপনে সেই অধঃক্ষেপণ ত্বরান্বিত হয় এবং অধঃক্ষেপ স্ফটিকাকার লাভ করিয়া দ্রুত থিতাইয়া পড়ে।

উৎক্ষেপ ও অধঃক্ষেপের পার্থক্য

(Difference between Sublimate and Precipitate)

উৎক্ষেপ (Sublimate)	**অধঃক্ষেপ** (Precipitate)
1. ঊর্ধ্বপাতনে প্রাপ্ত উৎক্ষেপ পদার্থের অবস্থান্তর মাত্র—কঠিন পদার্থ বাষ্পায়িত হইয়া আবার কঠিন অবস্থায় পরিণত হয় এবং মূল পদার্থের কোন পরিবর্তন হয় না।	1. দুইটি বা তার বেশি পদার্থের মধ্যে পারস্পরিক রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে সম্পূর্ণ নূতন পদার্থ সৃষ্টি হয় এবং তাহাই অধঃক্ষেপণ পদ্ধতিতে অধঃক্ষেপ রূপে থিতাইয়া পড়ে।

উৎক্ষেপ (Sublimate)	**অধঃক্ষেপ** (Precipitate)
2. একই পদার্থ—অবস্থান্তরে নিয়তাকার উৎক্ষেপ গঠন করে।	2. অধঃক্ষেপ গঠনের জন্য একাধিক পদার্থের এবং তারমধ্যে অন্তত একটি পদার্থের পক্ষে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকা প্রয়োজন।
3. উর্ধ্বপাতনে প্রাপ্ত উৎক্ষেপ সরাসরি সংগ্রহ করা যায়।	3. আস্রাবণ বা পরিস্রাবণ পদ্ধতিতে অধঃক্ষেপ সংগ্রহ করা হয়।
4. স্বাভাবিক তাপেও উর্ধ্বপাতন ঘটে, কিন্তু তাপবৃদ্ধিতে উৎক্ষেপ গঠন ত্বরান্বিত হয়।	4. সাধারণত স্বাভাবিক তাপে অধঃক্ষেপ পড়ে, কিন্তু অধঃক্ষেপ উত্তপ্ত করা হইলে ইহা স্ফটিকাকার লাভে আস্রাবণ বা পরিস্রাবণ সহজতর করে।

কয়েকটি মিশ্র পদার্থের পৃথকীকরণ

1. **বালি, গন্ধক ও লবণ** [Separation of a mixture of salt (or nitre) sulphur and sand]

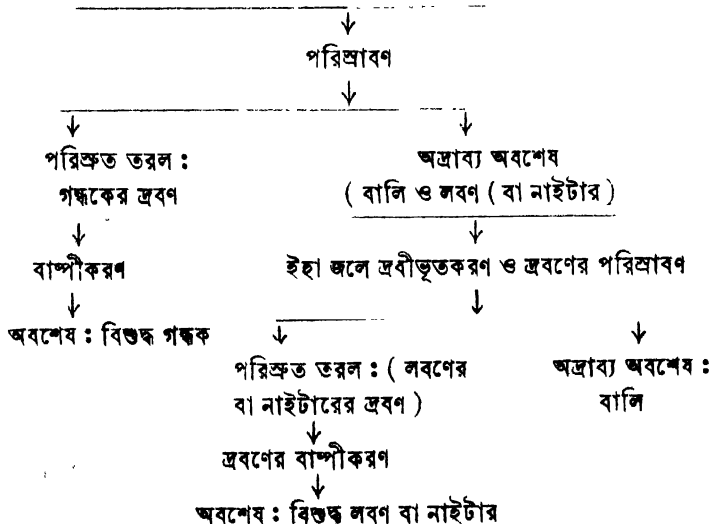
মিশ্র পদার্থে তরল কার্বন-ডাই-সালফাইড মিশ্রণ

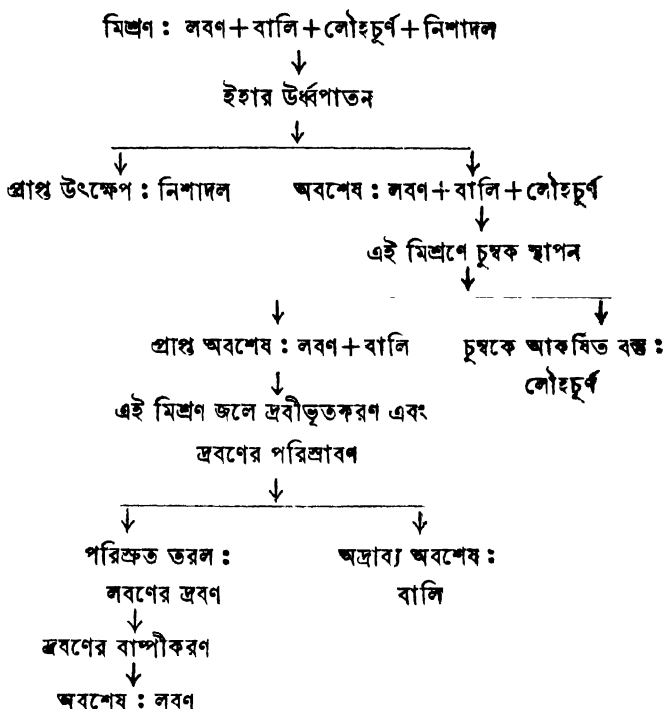
↓

পরিস্রাবণ

↓

পরিস্রুত তরল : গন্ধকের দ্রবণ	অদ্রাব্য অবশেষ (বালি ও লবণ (বা নাইটার)
↓	↓
বাষ্পীকরণ	ইহা জলে দ্রবীভূতকরণ ও দ্রবণের পরিস্রাবণ
↓	↓
অবশেষ : বিশুদ্ধ গন্ধক	

পরিস্রুত তরল : (লবণের বা নাইটারের দ্রবণ)	অদ্রাব্য অবশেষ : বালি
↓	
দ্রবণের বাষ্পীকরণ	
↓	
অবশেষ : বিশুদ্ধ লবণ বা নাইটার	

দ্রষ্টব্য : লবণের পরিবর্তে যে-কোন জলে-দ্রবণীয় যৌগিক পদার্থ মিশ্রিত থাকিলে উল্লিখিত পদ্ধতিতে মিশ্রণের উপাদান পৃথক করা সম্ভব।

লবণ, বালি, লৌহচূর্ণ এবং নিশাদল চূর্ণ (Separation of a mixture of sand, salt, ammonium chloride and iron dust) :

দ্রষ্টব্য : নিশাদলের পরিবর্তে ন্যাপথালিন. ক্যাম্ফর, আইয়োডিন বা অন্য কোন উর্ধ্বক্ষেপণযোগ্য পদার্থ মিশ্রিত থাকিলে মিশ্রণ হইতে উল্লিখিত পদ্ধতিতে বিভিন্ন উপাদান পৃথক করা সম্ভব।

Questions to be Discussed

1. Define sedimentation, decantation, and filtration. What are the differences between these processes ?
2. Define sublimation. Describe an experiment to illustrate the process. What do you understand by a volatile substance ? Can every volatile substance be sublimated ? Give examples.
3. Define distillation. Describe distillation of copper sulphate solution in a Liebig condenser. Draw a sketch of the apparatus.

4. Define fractional distillation, vacuum distillation and destructive distillation. Illustrate each definition with a simple example.

5. What do you understand by crystallisation ? What are the process of crystal formation ? How would you prepare copper sulphate crystal ?

6. How would you prepare distilled water ? How would you increase or decrease the size of a copper sulphate crystal ?

7. How would you separate a mixture of sand, common salt and Iodine ?

8. Explain the following terms with reference to one example : solution, solvent, solute. Starting from a dilute solution of sodium chloride in water how would you prepare (a) pure water, and (b) pure crystal of sodium chloride. Give experimental details. [*H. S. 1961*]

9. Explain the term sublimation and distillation.
[*H. S. 1962, 1963, 1964*]

10. How would you separate the ingredient of (a) a mixture of the liquids having boiling points 78·5°C and 100°C respectively, (b) a mixture of potassium chloride and chalk.
[*H. S. 1962 (comp.)*]

11. Write short notes on : destructive distillation and distillation. How the two process differ from each other ?
[*H. S. 1960, 61, 62, 63, 64, 65.*]

পদার্থের অবস্থা এবং ধর্ম

পৃথিবী পদার্থময়। কিন্তু সব পদার্থের অবস্থা একরকম নয়। কোন পদার্থ কঠিন (soild), কোনটা তরল (liquid), আবার কোন কোন পদার্থ গ্যাসীয় (gaseous)। সোনা, রূপা, তামা, লোহা, কাঁকর, পাথর, চিনি ও লবণ—কঠিন পদার্থের কয়েকটি দৃষ্টান্ত। তরল পদার্থের কয়েকটি দৃষ্টান্ত—জল, তেল, পেট্রল ও পারদ। বায়ু, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ক্লোরিন ও কার্বন-ডাই-অক্সাইড—কয়েকটি গ্যাসীয় পদার্থের দৃষ্টান্ত। পৃথিবী পদার্থসমূহকে পাওয়া যায় কঠিন, তরল ও গ্যাস—এইরূপ তিন অবস্থায়।

কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় পদার্থের আকার ও আয়তন

কঠিন পদার্থের একটি সুনির্দিষ্ট আকার এবং আয়তন থাকে। এক টুকরা কাঠ অথবা একতাল সোনার স্বাভাবিক অবস্থায় আকারে কোন পরিবর্তন ঘটে না, আয়তনও একই থাকে।

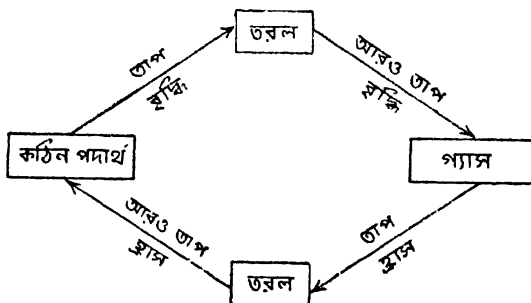
তরল পদার্থের আয়তন আছে, আকার নাই। 50 c. c. জল গ্লাসে রাখিলে জলের আকার গ্লাসের মত দেখাইবে, থালায় রাখিলে থালার অথবা বাটিতে রাখিলে আকার বাটির মত মনে হইবে। কিন্তু আয়তন সব সময়েই 50 c.c. থাকিবে।

গ্যাসীয় পদার্থের কোন নির্দিষ্ট আকারও নাই, কোন নির্দিষ্ট আয়তনও নাই। যে পাত্রে গ্যাস রাখা যায় গ্যাস সেই পাত্রের আয়তন ও আকার লাভ করে। একটি ছোট বেলুনের গ্যাস বড় বেলুনে ঢুকাইলে গ্যাসের আকার ও আয়তন হইবে বড় বেলুনের মত। কিন্তু একটি ছোট গ্লাসের জল দিয়া বড় গ্লাস ভরা যায় না।

পদার্থের তিন অবস্থা (Three States of matter)

পরীক্ষা : একটি বীকারের মধ্যে এক টুকরা বরফ রাখ। কিছুক্ষণের মধ্যেই কঠিন বরফ গলিয়া তরল জলে পরিণত হইবে। দীপের সাহায্যে বীকারের জল উত্তপ্ত কর। তরল জল বাষ্প হইয়া উবিয়া যাইবে।

রোদের তাপে খাল-বিল-পুকুর ও সমুদ্রের জল বাষ্প হইয়া আকাশে উড়িয়া যায় এবং শীতল হইয়া মেঘরূপে জমিয়া ওঠে এবং আরও শীতল হইয়া বৃষ্টিরূপে ঝরিয়া পড়ে। কখনও কখনও মেঘ অতিমাত্রায় শীতল হইয়া কঠিন পদার্থে পরিণত হয় এবং শিলারূপে বর্ষিত হয়। হিমালয়ের মাথায় জলীয় বাষ্প বরফ-রূপে জমিয়া থাকে।

জলের উদাহরণ হইতে দেখা যায়—একই জল কখনও কঠিন, কখনও তরল এবং কখন বাষ্প। তাপ বাড়াইলে তরল জল গ্যাসীয় রূপ লাভ করে, আবার তাপ কমাইলে তরল জল কঠিন অবস্থা লাভ করে। সূর্য, নক্ষত্র, নীহারিকা বা বৃহস্পতি গ্রহে তাপ এত বেশি যে সেখানে কোন কঠিন পদার্থ বা কোন তরল পদার্থ নাই—সব পদার্থই গ্যাসীয়।

পদার্থের অবস্থান্তর

পদার্থের অবস্থা পরিবর্তনের সাধারণ নিয়ম চিত্রাকারে দেখান হইল।

পদার্থের কোন স্থায়ী অবস্থা নাই। পৃথিবীর স্বাভাবিক তাপে এক এক রকম পদার্থকে এক এক রকম অবস্থায় পাওয়া যায় মাত্র। স্বাভাবিক অবস্থায় সোনা বা লোহা কঠিন পদার্থ, পারদ ও জল তরল পদার্থ, আবার হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসীয় পদার্থ। **কিন্তু তাপ বাড়াইয়া কঠিনকে তরল অথবা তরলকে বাষ্পে পরিণত করা যায় এবং তাপ কমাইয়া আবার বাষ্পকে তরলে এবং তরলকে কঠিন অবস্থায় পরিণত করা যায়।** অদ্ভুত

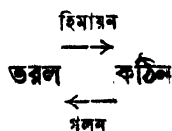
বায়ুকে খুব শীতল করিয়া প্রথমে তরল বায়ু এবং তরল বায়ুকে আরও শীতল করিয়া কঠিন বায়ুতে রূপান্তরিত করা যায়। কঠিন লোহা বা যে-কোন কঠিন ধাতুকে উচ্চ তাপে গলাইয়া তরল করা যায়। আবার পারদকে খুব ঠাণ্ডা করিলে তরল পারদ জমিয়া কঠিন হইয়া যায়। সব ধাতু বা মৌলিক পদার্থের ক্ষেত্রে তাপের প্রভাবে এরূপ অবস্থান্তর সম্ভব। কিন্তু যে সব যৌগিক পদার্থের রাসায়নিক গঠন তাপের প্রভাবে ভাঙ্গিয়া যায় তাহাদের অবস্থান্তর সম্ভব নয়। যেমন, কয়লা, চিনি, বা কাঠের পক্ষে তাপের প্রভাবে অবস্থান্তর সম্ভব নয়—ইহারা ভাঙ্গিয়া যায় এবং অন্য পদার্থে পরিণত হয়।

হিমায়ন ও গলন এবং হিমাংক ও গলনাংক

(Freezing, Melting—Freezing point and Melting point)

যে নির্দিষ্ট উষ্ণতা বা তাপাংকে স্থির থাকিয়া কঠিন পদার্থ তরল পদার্থে পরিণত হয় তাহাকে বলা হয় গলনাংক বা মেল্টিং পয়েন্ট (Melting point m. p.)।

যে নির্দিষ্ট উষ্ণতা বা তাপাংকে স্থির থাকিয়া তরল পদার্থ কঠিন পদার্থে পরিণত হয় তাহাকে বলা হয় হিমাংক বা ফ্রিজিং পয়েন্ট (Freezing point)।

বরফ 0°C [শূন্য ডিগ্রী সেন্টিগ্রেড] তাপাংকে জলে পরিণত হয়। আবার জল 0°C তাপাংকে বরফে পরিণত হয়। সুতরাং দেখা যায়, একই পদার্থের গলনাংক ও হিমাংক তথা মেল্টিং পয়েন্ট ও ফ্রিজিং পয়েন্ট এক—পার্থক্য শুধু অবস্থার গতি। তরল হইতে কঠিন পদার্থে রূপান্তরের গতিকে বলা হয় **হিমায়ন** বা **ফ্রিজিং** (Freezing) এবং কঠিন হইতে তরলে রূপান্তরের গতিকে বলা হয় **গলন** বা **মেল্টিং** (Melting)। সুতরাং দেখা যায় :

বরফ তৈরী করার পরীক্ষা : একটি বাটিতে জল লও এবং একটি প্লেট দিয়া জল ঢাকিয়া দাও। বাটিটি সম্পূর্ণভাবে জলে ভরিও না। আর একটি বড় বাটিতে বরফ-কুচির সঙ্গে কিছু লবণ মিশাও এবং এই লবণ ও বরফ-কুচির মিশ্রণ দিয়া জলভরা বাটিটি সম্পূর্ণরূপে ঢাকিয়া দাও। দেখিবে, কিছুক্ষণ পরে বাটির জল বরফে পরিণত হইবে। যদি আইসক্রীম তৈরী করিতে চাও তবে জলের বদলে বাটিতে চিনি মিশানো ঘন দুধ লও। বাটির দুধ কিছুক্ষণ পরে আইসক্রীমে পরিণত হইবে।

তরল পদার্থকে উত্তপ্ত করিলে বাষ্পে অর্থাৎ গ্যাসীয় অবস্থায় পরিণত হয়।

স্ফুটন ও স্ফুটনাংক (Boiling and Boiling point) **:** **প্রমাণ বায়ু চাপে (76 cm.) যে নির্দিষ্ট তথা অপরিবর্তিত উষ্ণতায় কোন তরল পদার্থ সম্পূর্ণ নিঃশেষিত না হওয়া পর্যন্ত বাষ্পীভূত হইতে থাকে সেই তাপাংক বা উষ্ণতাকে ঐ তরল পদার্থের স্ফুটনাংক বলা হয়।**

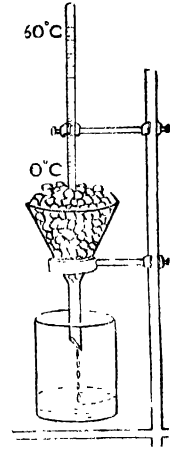
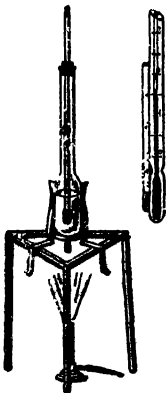
প্রত্যেক পদার্থের গলনাংক বা হিমাংক এবং স্ফুটনাংক সব সময়ে সুনির্দিষ্ট থাকে। তাই এক সের বা এক মণ বরফ যতক্ষণ পর্যন্ত সম্পূর্ণরূপে জলে পরিণত না হইবে ততক্ষণ পর্যন্ত বরফের তাপ 0°C তাপাংকে স্থির হইয়া থাকিবে। হিমায়নের বেলায়ও একইরূপ হইবে। এক গ্রাম বা দশ কিলোগ্রাম—যত জলই ফুটাইয়া বাষ্প করা হউক না কেন—ফোটার সময় জলের তাপামাত্রা সব সময়ে 100°C তাপাংকে স্থির থাকিবে।

কয়েকটি পদার্থের গলনাংক বা হিমাংক এবং স্ফুটনাংক :

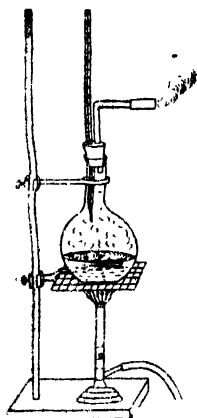
পদার্থ	গলনাংক/হিমাংক (m. p.)	স্ফুটনাংক (b. p.)
জল	0°C	100°C
মিথাইল	– 97°C	65°C
পারদ	– 39°C	357°C
লোহা	1527°C	3235°C
রূপা	960°C	2152°C

বরফের গলনাঙ্ক নির্ণয়ের পরীক্ষা (Melting point of ice) **:**

বরফের গলনাংক নির্ণয়

একটি ফানেলের মধ্যে বরফের কুচি ভর এবং ফানেলটি একটি ধারকের সাহায্যে বলয়ের মধ্যে বসাইয়া দাও। আর একটি ক্ল্যাম্প দিয়া আঁটকাইয়া একটি সেণ্টিগ্রেড থার্মোমিটার বরফ-কুচির মধ্যে বসাও। এমন থার্মোমিটার নিতে হইবে যাহাতে 0°C তাপাংকের নীচেও তাপমাত্রা মাপা যায়। থার্মোমিটারের পারদ ভরা বাল্‌বটি যেন বরফের মধ্যে ঢুকান থাকে কিন্তু 0°C চিহ্নিত রেখা যেন দেখা যায়—এমনভাবে থার্মোমিটারটি বরফের মধ্যে বসাইতে হইবে। বরফ-কুচিতে বসাইবার ফলে থার্মোমিটারের পারদ 0°C তাপাংকে নামিয়া আসিবে এবং যতক্ষণ পর্যন্ত সমস্ত বরফ গলিয়া জলে পরিণত না হইবে ততক্ষণ পর্যন্ত তাপাংক 0°C চিহ্নে স্থির হইয়া দাঁড়াইয়া থাকিবে। এই 0°C তাপাংকই বরফের গলনাংক ও জলের হিমাংক।

মোমের গলনাংক নির্ণয় পরীক্ষা (Melting point of wax) **:**

মোমের গলনাংক নির্ণয়

একটি সরু পরীক্ষানলে কিছু মোম ভর। এই পরীক্ষা-নলের গায়ে রবারের আংটি দিয়া জড়াইয়া একটি সেণ্টিগ্রেড থার্মোমিটার লাগাইয়া দাও। এক বীকার জল লও এবং ত্রিপদে তারজালের উপর রাখ। মোমভরা পরীক্ষা-নল ও থার্মোমিটার জোটটি একটি ধারকের সাহায্যে বীকারের জলে ডুবাইয়া দাও। লক্ষ্য রাখ নলের মোম ও থার্মোমিটারের পারদভরা বাল্‌বটি যেন জলের নীচে ডোবা থাকে। এখন দীপের সাহায্যে বীকারের জল উত্তপ্ত কর এবং পরীক্ষা-নলের মোমের দিকে লক্ষ্য রাখ। মোম যখনই গলিতে আরম্ভ করিবে, অমনি দীপ সরাইয়া লও এবং থার্মোমিটারের দিকে লক্ষ্য কর। দেখিবে, 45°C তাপের কাছাকাছি তাপাংকে মোম গলিয়া যাইবে। [সব মোমের গলনাংক একরকম নয়, মোমের গঠন অনুযায়ী গলনাংক বিভিন্ন হয়।] এই তাপাংকটি লিখিয়া রাখ। বীকারের

কিছু ঠাণ্ডা জল ঢালিয়া জলের তাপ কমাইয়া যাও। মোম আবার জমিয়া কঠিন হইবে। পুনরায় জল একটু একটু করিয়া উত্তপ্ত কর এবং মোম যখনই গলিতে আরম্ভ করিবে অমনি দীপ সরাইয়া লও। থার্মোমিটারে তাপাংক দেখ। এইভাবে কয়েকবারের চেষ্টায় মোম গলার সময় থার্মোমিটারে যে তাপাংক পাওয়া যাইবে তাহাই মোমের গলনাংক। এই গলনাংক প্রতিবারে একই রকম হইবে।

জলের স্ফুটনাংক নির্ণয়

জলের স্ফুটনাংক নির্ণয় পরীক্ষা (Boiling point of water) : একটি ফ্লাস্কে পাতিত জল অর্ধেক পরিমাণ ভর। ফ্লাস্কের মুখে খাপ খায় এরূপ একটি কর্ক লও এবং তার মধ্যে দুইটি ছিদ্র কর। একটি ছিদ্র দিয়া 100°C উষ্ণতা মাপা যায় এরূপ সেণ্টিগ্রেড থার্মোমিটার ঢুকাও। আর একটি ছিদ্রে একটি সরু সমকোণ কাচের নল ঢুকাও। এখনও থার্মোমিটার ও সমকোণ নলসহ কর্কটি ফ্লাস্কের মুখে আঁটিয়া দাও। লক্ষ্য রাখ যে থার্মোমিটারের পারদভরা বাল্‌বটি যেন জলের মধ্যে ডোবা থাকে এবং সমকোণ নলের মুখটি জলের অনেক উপরে থাকে। ফ্লাস্কটি ধারকের সাহায্যে তারজালের উপর বসাইয়া দীপশিখায় উত্তপ্ত কর। উত্তাপের সঙ্গে সঙ্গে থার্মোমিটারের পারদ উচ্চে উঠিতে আরম্ভ করিবে। জল ফুটিতে আরম্ভ করিলে একটি নির্দিষ্ট অংকে থার্মোমিটারের পারদ স্থির হইয়া থাকিবে এবং যতক্ষণ পর্যন্ত সমস্ত জল বাষ্পে পরিণত না হইবে ততক্ষণ পর্যন্ত থার্মোমিটারের পারদ একটি স্থানে স্থির থাকিবে। ইহাই জলের স্ফুটনাংক।

জলের স্ফুটনাংক বায়ুর চাপের উপর নির্ভর করে বলিয়া সব সময় জলের স্ফুটনাংক 100°C হয় না। থার্মোমিটারের গায়ে বাষ্প লাগিয়া যাহাতে তাপাংক চিহ্ন দেখিতে অসুবিধা না হয় এবং বাষ্প হইতে বাহির হইয়া যাইতে পারে তাহার জন্য বাষ্পনির্গমের উদ্দেশ্যে সমকোণ নলটি ফ্লাস্কে লাগানো হয়।

পদার্থের ধর্ম ও পরিচয়
(Properties of matter)

পদার্থকে পাওয়া যায় কঠিন, তরল ও গ্যাস—এই তিনটি অবস্থায়। কিন্তু এই বিভিন্ন অবস্থাই পদার্থের পরিচয় দেওয়ার একমাত্র উপায় নয়। সব কঠিন পদার্থ গুণে ও ধর্মে একরকম নয় এবং সব তরল বা গ্যাসীয় পদার্থও সব রকম ধর্মে একরকম নয়।

সোনা, তামা, অ্যালুমিনিয়াম, দস্তা, লোহা, কয়লা, তুঁতে, লবণ, মিছরি—সবই কঠিন পদার্থ। কিন্তু পরস্পরে কত বিভিন্ন। কাহারও ওজনের সঙ্গে কাহারও ওজনে মিল নাই। সোনা দেখিতে উজ্জল ও হলুদবর্ণ, তামা লালাভ, অ্যালুমিনিয়াম রূপালী, দস্তাও রূপালী, লোহা বাদামী, কয়লা কালো, তুঁতে নীল, লবণ ও মিছরি দেখিতে অনেকটা সাদা। সোনা, লোহা ও অ্যালুমিনিয়ামের কোন স্বাদ নাই, কিন্তু তুঁতে কষায় ও মিছরি মিষ্টি। সোনা, লোহা বা দস্তা জলে দ্রবীভূত হয় না। আবার মিছরী জলের সঙ্গে মিশে লবণের চেয়েও বেশি। সোনা, তামা বা অ্যালুমিনিয়াম চুম্বকে আকর্ষিত হয় না, কিন্তু লোহা আকর্ষিত হয়। অ্যাসিড বা ক্ষার সোনার কিছু করিতে পারে না। কিন্তু তামার উপরে কয়েক ফোঁটা নাইট্রিক অ্যাসিড ফেলিলে একরকম বাদামী রঙের গ্যাস তৈরী হয়। দস্তার উপরে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড ফেলিলে ভুরভুর করিয়া গ্যাস সৃষ্টি হয়। চিনির মধ্যে সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিলে চিনি কালো অঙ্গারে পরিণত হয়। অ্যাসিডের মধ্যে অ্যালুমিনিয়ামের ক্রিয়া হয় ধীরে ধীরে কিন্তু ক্ষারের মধ্যে অ্যালুমিনিয়াম তাড়াতাড়ি দ্রবীভূত হইয়া যায়। তাই, দেখা যায় যে পদার্থের ধর্ম বা গুণ একরকম নয়—বিভিন্ন পদার্থের ধর্ম বিভিন্ন রকম।

বিভিন্ন তরল পদার্থের বিভিন্ন ধর্ম

পদার্থ	অবস্থা	বর্ণ	স্বাদ	গন্ধ	স্ফুটনাংক
জল	তরল	বর্ণহীন	স্বাদহীন	গন্ধহীন	100°C
সরিষার তেল	তরল	হরিদ্রাভ	ঝাঁঝাল	বিশেষ গন্ধ	
অ্যালকোহল	তরল	বর্ণহীন	ঝাঁঝাল	বিশেষ গন্ধ	66°C
বেঞ্জিন	তরল	বর্ণহীন	স্বাদহীন	বিশেষ গন্ধ	80°C
পেট্রল	তরল	বর্ণহীন	স্বাদহীন	বিশেষ গন্ধ	80°C—150°C
পারদ	তরল	রূপালী	স্বাদহীন	গন্ধহীন	357°C

তরল পদার্থের মধ্যেও জল, সরিষার তেল, অ্যালকোহল, বেঞ্জিন, পেট্রল, ও পারদের এক এক রকম গুণ। এই পদার্থগুলির ওজনও বিভিন্ন রকম। জল ও পেট্রলের কোন রঙ নাই, কিন্তু সরিষার তেল অনেকটা হলুদবর্ণ এবং পারদ দেখিতে রূপালী। অ্যালকোহল ও পেট্রল খুব হালকা, কিন্তু পারদ খুব ভারী। জল বা পারদের কোন স্বাদ নাই, স্পর্শেও এই পদার্থগুলি বিভিন্ন। পেট্রল

দেখিতে জলের মত কিন্তু ওজন জলের চেয়েও হাল্কা, জলের মধ্যে এক টুকরা পটাসিয়াম ফেলিলে পটাসিয়াম প্রদীপ্ত শিখায় জলিয়া উঠিবে। কিন্তু পেট্রলে ফেলিলে কিছুই হয় না। ক্ষার জলে মিশাইলে পিচ্ছিল হয় মাত্র কিছু সরিষার তেলের সঙ্গে মিশাইলে তেল সাবানের মত আঁঠালো হইয়া যায়।

বিভিন্ন গ্যাসের বিভিন্ন ধর্ম

পদার্থ	অবস্থা	বর্ণ	গন্ধ	জলে দ্রবণীয়তা	অ্যাসিড ক্রিয়া
হাইড্রোজেন	গ্যাস	বর্ণহীন	গন্ধহীন	অদ্রবণীয়	নাই
অক্সিজেন	গ্যাস	বর্ণহীন	গন্ধহীন	খুব কম দ্রবণীয়	নাই
নাইট্রোজেন	গ্যাস	বর্ণহীন	গন্ধহীন	অদ্রবণীয়	নাই
ক্লোরিন	গ্যাস	সবুজ	ঝাঁঝাল গন্ধ	স্বল্পদ্রবণীয়	নাই
অ্যামোনিয়া	গ্যাস	বর্ণহীন	গন্ধে চোখে জল আসে	খুব বেশী দ্রবণীয়	বিশেষ ক্রিয়া ঘটে

বিভিন্ন গ্যাসের গুণও পরস্পর হইতে আলাদা। হাইড্রোজেন, নাইট্রোজন বা অক্সিজেন গ্যাসের কোন রঙ্ নাই, কিন্তু ক্লোরিন দেখিতে অনেকটা সবুজ। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের কোন গন্ধ নাই, কিন্তু অ্যামোনিয়ার গন্ধে চোখে জল আসে, ক্লোরিনের গন্ধও খুব ঝাঁঝাল। অ্যামোনিয়া ও ক্লোরিন জলে দ্রবীভূত হয় কিন্তু নাইট্রোজেন বা হাইড্রোজেন জলে দ্রবীভূত হয় না। অ্যাসিডের সঙ্গে অ্যামোনিয়ার তীব্র বিক্রিয়া ঘটে কিন্তু হাইড্রোজেন বা অক্সিজেনের কিছু হয় না। আবার ক্লোরিনের সঙ্গে ক্ষারের প্রক্রিয়া ঘটে।

পদার্থের ধর্ম নির্ণয়
(Properties of matter)

কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় পদার্থের এরূপ উদাহরণ হইতে কি বুঝা যায়? জানা যায় যে, প্রতিটি পদার্থ অন্য পদার্থ হইতে পৃথক্ অর্থাৎ প্রত্যেক পদার্থের একটি নিজস্ব ধর্ম বা স্বভাব আছে। পদার্থের এই বিশিষ্ট স্বভাবকে বলা হয় **পদার্থের ধর্ম** (properties) বা **প্রোপারটিজ্ অব ম্যাটার** (properties of matter)। কোন্ পদার্থ কি তার পরিচয় জানা যায় পদার্থের বিশিষ্ট ধর্ম নির্ণয় করিয়া।

পদার্থের ধর্ম দুই রকম : (ক) **ভৌত ধর্ম** (Physical Property) ও (খ) **রাসায়নিক ধর্ম** (Chemical Property)।

ভৌত ধর্ম ঃ **যে স্বভাবে পদার্থের শুধু বাহ্যিক অবস্থা বা বাহ্যিক গুণের পরিচয় পাওয়া যায় তাহাই পদার্থের ভৌত ধর্ম** (Physical property)।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ **যে স্বভাবে পদার্থের আভ্যন্তরীণ অর্থাৎ মূল গঠনে এবং রাসায়নিক ক্রিয়া-প্রক্রিয়ার পরিচয় পাওয়া যায় তাহাই পদার্থের রাসায়নিক ধর্ম** (Chemical properties)।

(ক) **ভৌত ধর্ম** (Physical Property) নির্ণয়ের জন্য সাধারণত পদার্থের (i) কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় অবস্থা, (ii) বর্ণ, (iii) স্বাদ, (iv) হিমাংক, গলনাংক বা স্ফুটনাংক, (v) জলে বা অন্য তরলে দ্রবণীয়তা (vi) জল বা বায়ুর তুলনায় গুরুত্ব, (vii) চৌম্বক গুণ, (viii) তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবহণের ক্ষমতা, (ix) মানব দেহে প্রক্রিয়া ইত্যাদি বিষয়ে পদার্থটির স্বভাব জানা প্রয়োজন।

(খ) **পদার্থের রাসায়নিক ধর্ম** (Chemical Property) নির্ণয়ের জন্য (i) জল, (ii) বায়ু (iii) অ্যাসিড, (iv) ক্ষার এবং (v) উত্তাপে ও (vi) অন্যান্য পদার্থের সংযোগে কি কি ক্রিয়া ঘটে এবং পদার্থটির গঠনে কি পরিবর্তন হয় তাহার পরীক্ষা করা প্রয়োজন।

এইভাবে যে কোন অজ্ঞাত পদার্থের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের পরীক্ষা করিয়া বলিয়া দেওয়া যায় যে, সেই পদার্থটি কি। যেমন, যে বর্ণহীন ও স্বাদহীন তরল পদার্থ 100°C তাপে ফুটিতে আরম্ভ করে তাহা জল। যে রূপালী তরলকে 0°C তাপ হইতে – 39°C তাপে নামাইয়া কঠিন করা যায় তাহা পারদ। যে ঝাঁঝাল গ্যাস শুঁকিলে চোলে জল আসে, তাহা অ্যামোনিয়া। যে পদার্থ চুম্বকে আকর্ষিত হয় তাহা লোহা ইত্যাদি।

Questions to be discussed

1. What are different states of matter ? Define freezing point and boiling point and state their characteristics. What are the difference between the freezing point of water and melting point of ice.

2. How would you determine b. p. of water, or m. p. of wax. or m. p. of ice ?

3. What do you understand by the physical and chemical properties ? What are the general principles for the determination of these properties ?

4. How would you determine the physical and chemical properties of water ?

ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তন

আমাদের পৃথিবীতে অহরহ কত পরিবর্তন ঘটিতেছে। জল বাষ্প হইতেছে, মেঘ জমিতেছে, বৃষ্টি পড়িতেছে। সমুদ্র ও নদীতে জোয়ার-ভাঁটা খেলিতেছে; দিন-রাত্রি হইতেছে। গাছে পাতা জন্মিতেছে, ফলফুল ফুটিতেছে, ফল পাকিতেছে, আবার ঝরিয়া পড়িতেছে। মায়ের রান্নাঘরেও দুধ হইতে দৈ, ঘি, মাখন তৈরী হইতেছে, চাল হইতে মুড়ি, চিড়া, খৈ ইত্যাদি তৈরী হইতেছে, তেল, কাঠকয়লা পুড়িতেছে এবং জ্বলিয়া ছাই হইতেছে। প্রতি-দিনই ঘটিতেছে পদার্থের কত রূপান্তর!

একটু লক্ষ্য করিলেই দেখা যায়, এই পরিবর্তনগুলি সব এক রকম নয়। বাষ্প, জল বা বরফ—মূল গঠনে সবই জল। জলের সঙ্গে বাষ্পের বা বরফের শুধু আকার, আয়তন ও অবস্থার পার্থক্য। কিন্তু কয়লা জ্বলিবার পরে আর কয়লা থাকে না। ফল পাকিয়া পচিয়া যায়, আর ফল থাকে না। সুতরাং দেখা যায়, পদার্থ-জগতে পরিবর্তন ঘটে দুই ভাবে—এক রকম পরিবর্তনে পদার্থের গঠনে কোন পরিবর্তন হয় না। কিন্তু অন্যরকম পরিবর্তনে পদার্থ সম্পূর্ণরূপে অন্য পদার্থে পরিবর্তিত হইয়া যায়।

(i) **ভৌত পরিবর্তন (Physical change): যে পরিবর্তনে পদার্থের মূল গঠনে কোন পরিবর্তন ঘটে না,—শুধু বাহ্যিক অবস্থার অর্থাৎ ভৌত ধর্মের পরিবর্তন ঘটে সেই পরিবর্তনকে বলা হয় পদার্থের ভৌত পরিবর্তন বা ফিজিক্যাল চেঞ্জ।**

(ii) **রাসায়নিক পরিবর্তন (Chemical change): যে পরি-বর্তনের ফলে পদার্থের মূল গঠন পরিবর্তিত হইয়া যায় এবং পদার্থটি এক বা একাধিক ভিন্ন রাসায়নিক ধর্মের নূতন পদার্থে রূপান্তরিত হয় সেই পরিবর্তনকে বলা হয় পদার্থের রাসায়নিক পরিবর্তন বা কেমিক্যাল চেঞ্জ।**

কোন পরিবর্তন বিনা কারণে ঘটে না। পরিবর্তনের জন্য প্ররোচনা চাই —অবশ্যই কোন-না-কোন প্ররোচনা চাই।

[পুনঃপঠনের সময় অনুধাবন যোগ্য : ভৌত পরিবর্তনে পদার্থের আণবিক গঠনে (molecular composition) কোন পরিবর্তন হয় না,—শুধু অণুর সংহতি ও বিন্যাসে পরিবর্তন ঘটে। রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে এক প্রকার পদার্থের অণু অন্যপ্রকার এক বা একাধিক পদার্থের অণুতে পরিবর্তিত হয়। প্রতিটি রাসায়নিক বিক্রিয়াই রাসায়নিক পরিবর্তনের নিদর্শন।]

ভৌত পরিবর্তনের প্ররোচনা বা কারণ

(Inducements of causes of physical change)

যে যে কারণে **ভৌত পরিবর্তন** ঘটে তাহার কারণ সহ কয়েকটি উদাহরণ নির্দেশ করা যায় :

(1) এক টুকরা বরফের তাপ বাড়াও—বরফ জলে এবং জল বাষ্পে পরিণত হইবে। আবার বাষ্পের তাপ কমাও, বাষ্প জলে ও জল বরফে পরিণত হইবে। এক্ষেত্রে পদার্থের অবস্থা পরিবর্তনের কারণ—**তাপ** (heat)।

(2) চুম্বক দিয়া লোহার পাত বারবার ঘষিয়া দাও। লোহা চুম্বকে পরিবর্তিত হইবে কিন্তু লোহা লোহাই থাকিবে। এক্ষেত্রে পরিবর্তনের কারণ **চুম্বক শক্তি** (Magnetic force)।

(3) কোন ধাতুর তারে বিদ্যুৎ প্রবাহিত কর। ধাতুর কোন পরিবর্তন হয় না, কিন্তু সেই তারে বিদ্যুৎ সঞ্চারের ফলে তারটি আর স্পর্শ করা সম্ভব নয়। এরূপ পরিবর্তনের কারণ—**বিদ্যুৎ** (Electricity)।

(4) বিজলীবাতির সুইচ খুলিয়া দাও : বিদ্যুৎ-প্রবাহের সঙ্গে বাল্বের তার সাদা হইয়া আলো ছড়াইবে। তারের ধাতুর কোন পরিবর্তন হয় না, এরূপ পরিবর্তনের কারণ—**বিদ্যুৎ ও তাপ** (Electricity and heat)।

(5) চিনি, লবণ বা তুঁতে জলে দ্রবীভূত কর। কঠিন পদার্থগুলি তরলের মধ্যে নিশ্চিহ্ন হইয়া মিশিয়া যাইবে। কিন্তু জলের মধ্যে ইহাদের মূল গঠন ও অস্তিত্ব অক্ষুণ্ণ থাকিবে। এই পরিবর্তনের কারণ কঠিন পদার্থের **দ্রবণীয়তা** (Solubility)।

সুতরাং দেখা যায়, **তাপ, বিদ্যুৎ-প্রবাহ, চুম্বক ও দ্রবণীয়তা** ইত্যাদি ভৌত পরিবর্তন ঘটাইবার কয়েকটি কারণ। এরূপ পরিবর্তনে পদার্থের মূল গঠনের কোন পরিবর্তন হয় না, শুধু পরিবর্তন ঘটে।

রাসায়নিক পরিবর্তনের প্ররোচনা বা কারণ

(Inducements or causes of Chemical change)

রাসায়নিক পরিবর্তনের জন্য প্রয়োজন **আলো, উত্তাপ, বিদ্যুৎ, ধ্বনি, চাপ বা দুইটি পদার্থের ঘনিষ্ঠ সংযোগ**। এরূপ কোন-না-কোন প্ররোচনা ছাড়া রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে না। এরূপ পরিবর্তনের ফলে মূল পদার্থ রূপান্তরিত হয়।

(1) অন্ধকারে ফটো তোলা যায় না। ফটোর প্লেটে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটাইবার জন্য চাই আলোক-রশ্মি। অন্ধকারে ফটো তোলার জন্য তাই ফ্ল্যাস-বাতি প্রয়োজন। অন্ধকারের মধ্যে হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন গ্যাস একত্র মিশাইয়া রাখ, কিছুই হইবে না। গ্যাসের মিশ্রণ সূর্যের আলোকে ধর। তৎক্ষণাৎ গ্যাস দুইটি মিলিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস তৈরী হইবে। এক্ষেত্রে রাসায়নিক পরিবর্তনের কারণ—**আলোক** (Light)।

(2) চিনি উত্তপ্ত কর, সাদা চিনি কালো অঙ্গারে পরিণত হইবে। পারদকে বায়ুতে উত্তপ্ত কর, পারদের উপরে লাল সর পড়িবে। এসব রাসায়নিক পরিবর্তনের কারণ—**তাপ** (Heat)।

(3) জলের মধ্যে বিদ্যুৎ প্রবাহিত কর। জল তড়িৎ-বিশ্লিষ্ট হইয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসে পরিণত হইবে। গলিত লবণের মধ্যে বিদ্যুৎ চালাও। লবণ বিশ্লিষ্ট হইয়া কঠিন সোডিয়াম ধাতু ও সবুজ ক্লোরিন গ্যাস তৈরী হইবে। এরূপ ক্ষেত্রে পরিবর্তনের কারণ—**বিদ্যুৎ** (Electricity)।

(4) এক টুকরা আইয়োডিনের পাশে এক টুকরা ফসফরাস রাখিয়া দাও, কিছুই হইবেনা। কিন্তু যেই ফস্‌ফরাসের সঙ্গে আইয়োডিনের সংস্পর্শ ঘটিবে অমনি ফস্‌ফরাস দাউ দাউ করিয়া জ্বলিয়া উঠিবে। এই পরিবর্তনের কারণ—**পদার্থের ঘনিষ্ঠ সংযোগ** (contact)।

(5) সোডার সঙ্গে টারটারিক অ্যাসিড খল-নুড়িতে খুব করিয়া মাড়িয়া মিশাও, তবুও পদার্থ দুইটির মধ্যে কোন রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটিবে না। এই মিশ্রণকে জলে দ্রবীভূত কর। সঙ্গে সঙ্গে বস্তু দুইটির মধ্যে রাসায়নিক ক্রিয়া শুরু হইয়া যাইবে। এরূপ প্রক্রিয়ার কারণ পদার্থ দুইটির **দ্রবণীয়তা** (solubility)।

(6) চাপ না দিলে কোন কোন ক্ষেত্রে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে না।

তুঁইপট্‌কা ছুঁড়িয়া না মারিলে শব্দ হয় না। এক্ষেত্রে প্রক্রিয়ার কারণ—**চাপ** (Pressure)।

(7) কারবাইড দিয়া যে গ্যাস বাতি জ্বালান হয় সেই গ্যাসটির নাম অ্যাসিটিলিন। সেই গ্যাসের মধ্যে প্রচণ্ড শব্দ করিলে গ্যাসটি বিশ্লিষ্ট হইয়া কণা কণা অঙ্গার এবং হাইড্রোজেন গ্যাস সৃষ্টি হয়। এক্ষেত্রে অ্যাসিটিলিনকে ভাঙ্গিবার কারণ—**ধ্বনি** (Sound)।

(8) কোন কোন ক্ষেত্রে দুইটি পদার্থের রাসায়নিক মিলনের জন্য **অণু-ঘটকের** প্রয়োজন পড়ে। সালফার ডাই-অক্‌সাইড গ্যাস ও অক্‌সিজেন গ্যাস উত্তপ্ত প্লাটিনামের সংস্পর্শে দ্রুত সম্মিলিত হইয়া সাদা কঠিন পদার্থ সালফার ট্রাই-অক্‌সাইড তৈরী করে। প্লাটিনাম এই ক্ষেত্রে **অনুঘটকের** (catalyst) কাজ করে।

ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তনের পার্থক্য
(Difference between Physical and Chemical changes)

জল বরফে বা বাষ্পে রূপান্তর একটি ভৌত পরিবর্তনের উদাহরণ। এই উদাহরণটি বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায়ঃ

(i) বরফ বা বাষ্প কোন নূতন পদার্থ নয়। বরফ বা বাষ্প জলেরই এক একটি বিশেষ অবস্থা মাত্র। [বাষ্প, জল বা বরফে জলের একই অণু—একই সংখ্যায় বর্তমান থাকে।]

(ii) বরফ বা বাষ্প কোন স্থায়ী পদার্থ নয়। সহজেই বরফকে তাপ দিয়া এবং বাষ্পকে শীতল করিয়া আবার তরল জলীয় অবস্থায় ফিরাইয়া আনা যায়।

(iii) জল, বরফ বা বাষ্পে রূপান্তরিত হইলেও মূল জলকণার ওজনের কোন পরিবর্তন হয় না। এক সের জলকে বরফ বা বাষ্পে পরিণত করিলে এক সের বরফ বা এক সের বাষ্পই পাওয়া যায়।

(iv) এক সের বরফকে জলে পরিণত করার জন্য যতখানি তাপ দেওয়া প্রয়োজন, এক সের জলকে ঠাণ্ডা বরফে পরিণত করিলে ঠিক ততখানি তাপ ফেরৎ পাওয়া যায়। সেরূপ এক সের জলকে বাষ্পে রূপান্তরের জন্য যতখানি তাপ দেওয়ার প্রয়োজন হয়, এক সের বাষ্পকে ঠাণ্ডা করিয়া জলে পরিণত করিলে ঠিক ততখানি তাপ ফেরৎ পাওয়া যায়। অর্থাৎ বরফ বা বাষ্পে পরিবর্তনের সময় জলের মধ্যে নিজস্ব কোন তাপের উদ্ভব বা অভাব হয় না।

এখন একটি রাসায়নিক পরিবর্তনের উদাহরণ বিশ্লেষণ করা যাক। কয়লার প্রজ্বলন একটি রাসায়নিক পরিবর্তনের উদাহরণ এবং উদাহরণটি বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায় :

(i) কয়লা জ্বলিয়া গ্যাস, আল্‌কাতরা ও ছাইয়ে পরিণত হয়। অর্থাৎ, কয়লা একাধিক আলাদা শ্রেণীর সম্পূর্ণ নূতন পদার্থে পরিবর্তিত হইয়া যায়।

(ii) কয়লার এই পরিবর্তন স্থায়ী। গ্যাস, আল্‌কাতরা ও ছাই মিশ্রিত করিয়া মূল পদার্থ কয়লা আর তৈরী করা যায় না।

(iii) এরূপ পরিবর্তনের ফলে যে ছাই পাওয়া যায় সেই ছাইয়ের ওজন কয়লার চেয়ে কম। [কারণ কয়লার অণুর গঠন ভাঙ্গিয়া নতুন পদার্থের নতুন অণু তৈরী হয়।]

(iv) কয়লার স্তূপে যে-কোন একটি টুক্‌রায় আগুন ধরাইয়া দিলে বাকী টুক্‌রাগুলি কয়লার নিজস্ব তাপেই জ্বলিয়া যায়। কারণ, কয়লা জ্বলিবার সময় তাপের সৃষ্টি হয়।

ভৌত ও রাসায়নিক পরিবর্তনের তুলনা

(Comparison between Physical and Chemical changes)

জল ও কয়লার রূপান্তরের উদাহরণ দুইটি বিশ্লেষণ করিয়া স্পষ্ট দেখা যায় যে, রাসায়নিক পরিবর্তনের প্রকৃতি ভৌত পরিবর্তনের সম্পূর্ণ বিপরীত। এই দুই রকম পরিবর্তনের সাধারণ তুলনা করিয়া বলা যায় :

ভৌত পরিবর্তন (Physical change)	রাসায়নিক পরিবর্তন (Chemical change)
1. ভৌত পরিবর্তনের ফলে পদার্থের অবস্থার রূপান্তর অর্থাৎ ভৌত ধর্মের পরিবর্তন ঘটে মাত্র কিন্তু কোন নূতন পদার্থ গঠিত হয় না। [পদার্থের অণুর গঠন একই থাকে।]	1. রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে মূল পদার্থ অন্য পদার্থে পরিবর্তিত হইয়া সম্পূর্ণ নূতন পদার্থ গঠন করে। [অর্থাৎ নতুন পদার্থের ভিন্ন অণু গঠিত হয়]
2. ভৌত পরিবর্তন অস্থায়ী এবং সহজেই পরিবর্তিত পদার্থকে আবার মূল পদার্থে রূপান্তরিত করা যায়।	2. রাসায়নিক পরিবর্তন স্থায়ী এবং পরিবর্তিত পদার্থকে রাসায়নিক বিক্রিয়া ব্যতীত মূল পদার্থে পুনর্গঠিত করা যায় না। কোন কোন ক্ষেত্রে মূল পদার্থকে কোন উপায়েই আর পুনর্গঠিত করা যায় না।

ভৌত পরিবর্তন (Physical change)	রাসায়নিক পরিবর্তন (Chemical change)
3. ভৌত পরিবর্তনে পদার্থের ওজনের কোন হ্রাস বা বৃদ্ধি হয় না।	3. রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে গঠিত নূতন পদার্থের ওজনের অবশ্যই হ্রাস বা বৃদ্ধি হয়।
4. ভৌত পরিবর্তনের সময় সাধারণত পদার্থের মধ্যে তাপের কোন উদ্ভব বা অভাব হয় না। [কোন কোন পদার্থের ক্ষেত্রে হইতে পারে।]	4. রাসায়নিক পরিবর্তনের সময় পদার্থের মধ্যে অবশ্যই তাপের উদ্ভব বা অভাব ঘটে।

ভৌত পরিবর্তনের উদাহরণ
(Examples of Physical changes)

(i) **মোমের গলন** (Melting of wax): তরল মোমও মূলত মোম। তরল মোম ঠাণ্ডা হইলে কঠিন মোমে পরিণত হয়, ওজনের কোন পরিবর্তন হয় না, কোন তাপেরও সৃষ্টি হয় না।

(ii) **লোহার চুম্বকে পরিবর্তন** (Magnetisation of iron): লোহার পাত চুম্বক দ্বারা ঘষিয়া দিলে উহা চুম্বকে পরিণত হয়, কিন্তু চুম্বকও লোহা। চৌম্বক লোহার পাতকে কয়েকটি আছাড় দিলেই চুম্বকত্ব নষ্ট হইয়া যায়। চুম্বকে পরিবর্তনের সময় লোহার ওজন বা পদার্থের হ্রাস-বৃদ্ধি হয় না।

(iii) **প্লাটিনাম তারের দহন** (Heating of platinum wire): বুন্‌সেন দীপের প্রদীপ্ত শিখায় প্লাটিনামের তার ধরিলে তারটি লাল হইয়া যায় কিন্তু প্লাটিনাম ধাতুর কোন পরিবর্তন হয় না। ঠাণ্ডা করিলেই সাধারণ প্লাটিনামে পরিণত হয়; তারের ওজনের বা পদার্থের কোন পরিবর্তন হয় না।

(iv) **বিজলী-বাতির তার** (Filament of electric bulb): বিজলী বাতির তারের মধ্যে বিদ্যুৎ-প্রবাহের ফলে তারটি উত্তপ্ত হইয়া আলোক বিচ্ছুরিত করে। আবার বিদ্যুৎ-প্রবাহ বন্ধ করিলেই যে-তার সেই তারই থাকে। তারের ওজনের হ্রাস-বৃদ্ধি হয় না, তারের উপাদানের কোন পরিবর্তন হয় না। যে-তাপ সৃষ্টি হয় সেটা বিদ্যুতের তাপ।

(v) **লবণ, চিনি বা তুঁতের দ্রবণ** (Solution): এরূপ দ্রবণের কঠিন পদার্থ অদৃশ্য হইলেও দ্রবণের স্বাদে এবং অনেক সময় বর্ণে (তুঁতের নীল

দ্রবণ) কঠিন পদার্থের অপরিবর্তিত অস্তিত্বের প্রমাণ পাওয়া যায়। দ্রবণকে বাষ্পে পরিণত করিলে সমান ওজনের লবণ, চিনি বা তুঁতে কঠিন পদার্থরূপে আবার ফেরৎ পাওয়া যায়। সাধারণত দ্রবণ তৈরী করার সময় তাপের কোন হ্রাস-বৃদ্ধি হয় না। [কোন কোন বিশেষ ক্ষেত্রে তাপের পরিবর্তন ঘটে। সালফিউরিক অ্যাসিড ও জলের মিশ্রণে তাপ সৃষ্টি হয়।]

রাসায়নিক পরিবর্তনের উদাহরণ
(Examples of Chemical changes)

(i) **লোহার মরিচা** (Rusting of iron) ঃ লোহার গায়ে যে-মরিচা পড়ে সেই মরিচা লোহা নয়,—সম্পূর্ণ অন্য একটি পদার্থ। মরিচা সহজে লোহায় রূপান্তরিত করা যায় না, মরিচা ওজনে লোহার চেয়ে ভারী এবং মরিচা তৈরী হওয়ার সময় তাপের সৃষ্টি হয়।

(ii) **চুন ফুটানো** (Slaking of lime) ঃ চুনে জল মিশাইলে চুন গরম হইয়া ফুটিয়া উঠে এবং একটি নূতন পদার্থে পরিণত হয়। ফুটানো চুনের ওজন বাড়ে ও উত্তাপ সৃষ্টি হয়। ফুটানো চুন হইতে রাসায়নিক বিক্রিয়া ব্যতীত চুন তৈরী করা যায় না।

(iii) **তামার তারের দহন** (Heating of copper wire) ঃ বুন্‌সেন দীপের শিখায় তামার তার ধরিলে তারটি লাল হয় এবং ঠাণ্ডা করিলে তারের গায়ে কালো সর পড়ে। এই কালো সর একটি নূতন পদার্থ—ওজনে তামার চেয়ে ভারী এবং তারটি কালো হওয়ার সময় তাপ সৃষ্টি হয়। কালো সরকে রাসায়নিক বিক্রিয়া ব্যতীত আবার তামায় পরিণত করা যায় না।

(iv) **তড়িৎ-বিশ্লেষণ** (Electrolysis) ঃ বিগলিত লবণের মধ্যে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করিলে লবণ সাদা চক্‌চকে সক্রিয় সোডিয়াম ধাতু এবং সবুজ ও বিষাক্ত ক্লোরিন গ্যাসে পরিণত হয়। এইরূপ রাসায়নিক পরিবর্তনকালে ওজন ও তাপের হ্রাস-বৃদ্ধি হয়।

(v) **অ্যাসিডের প্রক্রিয়া** (Action of acid) ঃ তামার উপর নাইট্রিক অ্যাসিড ঢালিলে একটি বাদামী রঙের গ্যাস তৈরী হয় এবং নাইট্রিক অ্যাসিড একটি নিষ্ক্রিয় সবুজ তরলে পরিণত হয়। এই গ্যাস ও তরল মিশ্রিত করিয়া তামা ও অ্যাসিড ফেরৎ পাওয়া যায় না এবং এরূপ পরিবর্তনে ওজনের ও তাপের হ্রাস-বৃদ্ধি হয়।

রাসায়নিক পরিবর্তনের এরূপ আরও অজস্র উদাহরণ দেওয়া যায়। বস্তুত, **রসায়ন বিজ্ঞানের অধিকাংশ পরীক্ষাই রাসায়নিক পরিবর্তনের উদাহরণ**। রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটাইয়া বিভিন্ন পদার্থের পরিচয় সন্ধান করা এবং নূতন নূতন পদার্থ **গঠন** ও **বিশ্লেষণ** করাই রসায়নের কাজ।

Questions to be discussed

1. Define physical and chemical changes and illustrate these changes with examples. What are the causes of chemical change ?

2. Compare physical and chemical changes with examples.

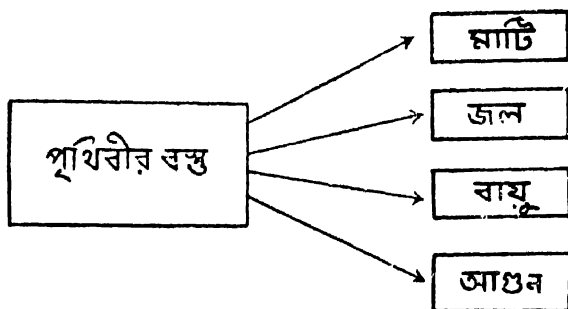
3. What changes occur when (i) water is boiled (ii) iron is strongly heated (iii) coal burns (iv) electric bulb is lighted (v) sugar is dissolved in water (vi) water is poured over lime (vii) butter is made of milk (viii) ghee is made of milk, (ix) rice is boiled ?—Answer any five.

4. What changes occur due to sublimation, evaporation, crystallisation destructive distillation, decantation, solution, filtration, sedimentation, electrolysis, burning, boiling, freezing and melting.

5. Explain chemical change. [*H. S. 1963.* (*comp*)]

মৌলিক পদার্থের আবিষ্কার

[পাঠ্যবিষয়রূপে এই অধ্যায়টির কোন প্রয়োজন নাই। এই অধ্যায়টি অধ্যয়নে ছাত্রদের মধ্যে রসায়ন সম্বন্ধে কৌতূহল, আগ্রহ ও অনুসন্ধিৎসা সৃষ্টি হইবে।]

কি করিয়া আধুনিক রসায়নের গোড়া পত্তন হইল তাহার কাহিনী অতি বিস্ময়কর। এই মনোজ্ঞ কাহিনীর নায়ক—বিজ্ঞানী **শীলি**, **প্রিস্‌টলী**, **ক্যাভেনডিশ এবং ল্যাভয়সিয়ার**। তাঁহাদের মধ্যে ল্যাভয়সিয়ার প্রধানতম।

প্রাচীনকালে পণ্ডিতদের ধারণা ছিল যে, এই পৃথিবীর সমস্ত বস্তু মাত্র অল্প কয়েকটি মূল পদার্থ দ্বারা গঠিত। এই পদার্থ কয়টি—মাটি, জল, বায়ু ও আগুন। ভারতীয় পণ্ডিতেরা মনে করিতেন যে, আকাশও একটি পদার্থ। তাই, মাটি, জল, বায়ু, আগুন ও আকাশ—এই পদার্থ কয়টির নাম দেওয়া হয় **পঞ্চভূত**।

মাটি, জল, বায়ু ও আগুন—এই বস্তু কয়টিই জগতের মূল পদার্থ—এরূপ কল্পনা পৃথিবীর পণ্ডিত-সমাজে প্রায় আড়াই হাজার বছর প্রচলিত ছিল।

ফ্লোজিস্টন তত্ত্ব

সতর শতাব্দীতে জার্মানীর প্রুশিয়া দেশের রাজচিকিৎসক ও রসায়ন-বিজ্ঞানী **স্ট্যাহল্** (Stahl) একটি নূতন মূল পদার্থের কল্পনা করেন এবং এই

পদার্থটির নাম দেন **ফ্লোজিস্টন** (Phologiston)। ফ্লোজিস্টনের অর্থ অগ্নি উৎপাদক। ফ্লোজিস্টন এমনই একটি পদার্থ যে, একে মাটি-জল-বায়ুর মত ধরা-ছোঁয়া যায় না বা চোখেও দেখা যায় না। তবুও এই ভূতুড়ে পদার্থটিই প্রায় দেড়শ' বছর রসায়ন-চর্চায় একেবারে জাঁকাইয়া বসিয়াছিল।

স্টাহল্ বলেন যে, লোহা, তামা, টিন, সীসা বা পারদ অর্থাৎ সব ধাতুর মধ্যেই ফ্লোজিস্টন আছে। কাঠ, কয়লা বা তেলের মত দাহ্য পদার্থে ফ্লোজিস্টন আছে খুব বেশি পরিমাণে। এই ফ্লোজিস্টনের জন্যই আগুন জলে এবং ধাতু ভস্মে পরিণত হয়। লোহা বা কয়লা যখন পোড়াইয়া ভস্ম বা ছাই করা হয় তখন ধাতুর ফ্লোজিস্টন উড়িয়া যায়। স্টাহলের মতে ধাতু বা কোন দাহ্য পদার্থ হইতে ফ্লোজিস্টন চলিয়া গেলে সেই পদার্থের ভস্ম বা ছাই তৈরী হয়। সুতরাং বলা যায়:

ধাতু − ফ্লোজিস্টন = ধাতুভস্ম ; অর্থাৎ, ধাতু = ধাতুভস্ম + ফ্লোজিস্টন
কয়লা − ফ্লোজিস্টন = ছাই ; অর্থাৎ, কয়লা = ছাই + ফ্লোজিস্টন

কয়লার মধ্যে প্রচুর ফ্লোজিস্টন থাকে। তাই কোন লোহাভস্ম যদি কয়লার সঙ্গে পোড়ানো যায় তবে আবার লোহা তৈরী করা যায়। স্টাহল্ বলেন, ভস্ম হওয়ার সময় লোহার যে ফ্লোজিস্টন খোয়া যায় কয়লা হইতে সেই ফ্লোজিস্টন আদায় করিয়া লোহাভস্ম আবার লোহায় পরিণত হয়। অর্থাৎ,

লোহাভস্ম + ফ্লোজিস্টন = লোহা

এই সময়কার প্রায় সমস্ত বিজ্ঞানী এই ফ্লোজিস্টন তত্ত্বদ্বারা সমস্ত রাসায়নিক প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা করার চেষ্টা করেন। কিন্তু এই কথাটি সে-সময়ে বিশেষ কারো দৃষ্টি আকর্ষণ করে নাই যে, লোহার চেয়ে লোহাভস্মের ওজন বেশি। লোহা ভস্ম তৈরী হয় ফ্লোজিস্টন হ্রাস পাইবার ফলে। দশ গ্রাম লোহা হইতে যদি এক গ্রাম ফ্লোজিস্টন উড়িয়া যায় তবে লোহাভস্মের ওজন নয় গ্রাম হওয়া উচিত। কারণ,

লোহা − ফ্লোজিস্টন = লোহাভস্ম

[মনে কর, 10 গ্রাম − 1 গ্রাম = (10 − 1) = 9 গ্রাম]

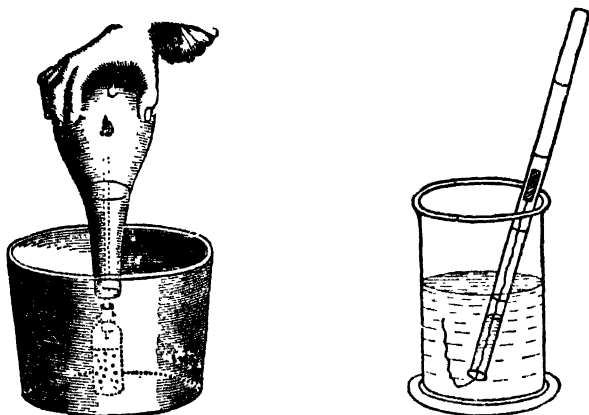
কিন্তু বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায় লোহাভস্মের ওজন লোহার চেয়ে বেশি। ফ্লোজিস্টন তত্ত্ব গ্রহণ করিলে এরূপ অসুবিধার সৃষ্টি হয়। কিন্তু এই সাধারণ

কথাটি তখন অনেকেরই নজরে পড়ে নাই। কারণ, রাসায়নিক দ্রব্য মাপিবার জন্য তুলাদণ্ডেরও তখনও ব্যাপক প্রয়োগ শুরু হয় নাই।

এই ফ্লোজিস্টনের যুগে বিজ্ঞানী **শীলি, প্রিস্‌ট্‌লী, ক্যাভেনডিশ** ও **ল্যাভয়সিয়ার** (Scheele, Priestely, Cavendish, Lavoisier) নানা গ্যাস, বিশেষ করিয়া বায়ু ও জল নিয়া নানা রকম গবেষণা শুরু করেন। বৃটিশ বিজ্ঞানী প্রিসট্‌লী ও ক্যাভেনডিশ ছিলেন প্রায় সমবয়সী এবং তাঁদের চেয়ে প্রায় দশ বছরের ছোট ছিলেন শীলি ও ল্যাভয়সিয়ার। 1770 হইতে 1785— এই পনর বছরের মধ্যে তাহারা যে-আবিষ্কার করেন তাহারই ফলে আধুনিক রসায়ন-বিজ্ঞানের জয়যাত্রা শুরু হয়।

বিজ্ঞানী শীলি—সুইডিশ বিজ্ঞানী শীলি প্রথমে ছিলেন একজন ডাক্তারের কম্পাউণ্ডার। লাজুক, নম্র ও স্বল্পভাষী এই কম্পাউণ্ডারটি সারা-দিনের কাজের পরে ডাক্তারখানায় রাত্রিবেলায় নীরবে গবেষণা করিতেন। একদিন একটি বায়ুভরা বোতলের মধ্যে কয়েক টুকরা লোহা ভরিয়া বোতলের মুখটি উপুড় করিয়া জলের উপর রাখিয়া দেন এবং কয়েকদিন পরে লক্ষ্য করেন যে, বোতলের প্রায় পাঁচ ভাগের এক ভাগ বায়ু কমিয়া গিয়াছে এবং বোতলের মধ্যে এক ভাগ পরিমাণ বায়ুর স্থানে জল ঢুকিয়া গিয়াছে। তিনি এইভাবে বোতলের মধ্যে টিন ও ফসফরাস পোড়ান এবং লক্ষ্য করেন যে, বোতলের বায়ু পাঁচ ভাগের এক ভাগ কমিয়া যায় এবং যতখানি বায়ু কমিয়া যায় বোতলের মধ্যে ততখানি জল ঢুকিয়া পড়ে। তিনি আরও লক্ষ্য করেন যে, বোতলের মধ্যে যে বায়ু বাকী পড়িয়া থাকে তার মধ্যে মোমবাতি জ্বালান যায় না এবং পোকা-মাকড় রাখিয়া দিলে দম বন্ধ হইয়া মরিয়া যায়। তিনি সীসাভস্ম ও পারদভস্ম পোড়াইয়া একরকম গ্যাস তৈরী করেন যার মধ্যে মোমবাতি খুব প্রদীপ্ত হইয়া জ্বলিয়া উঠে এবং পোকা-মাকড়ও অনেকক্ষণ বাঁচিয়া থাকিতে পারে। ফস্‌ফরাস পোড়াইবার পরে

বিজ্ঞানী শীলি

বোতলে যে-বায়ু বাকী থাকে তার সঙ্গে এই নূতন গ্যাস মিশাইয়া তিনি দেখেন যে, এইভাবে আবার স্বাভাবিক বায়ু তৈরী করা যায়। এই পরীক্ষার পরে তিনি বলেন যে, স্বাভাবিক বায়ু দুই রকম বায়ু দ্বারা গঠিত। একরকম বায়ুতে প্রদীপ জ্বলে ও তার মধ্যে দম নেওয়া যায় এবং অন্যরকম বায়ুতে প্রদীপও জ্বলে না, দমও নেওয়া যায় না। প্রথম বায়ুর নাম দিলেন তিনি **অগ্নি-বায়ু** (fire-air) এবং দ্বিতীয় বায়ুর নাম দিলেন **অপ-বায়ু** (foul-air)। অর্থাৎ, তিনি বলিলেন যে, বায়ু=অগ্নি-বায়ু+অপ-বায়ু।

শীলির বায়ু-গবেষণার যন্ত্র

শীলি যখন এই অগ্নি-বায়ু ও অপ-বায়ুর কথা তাঁহার ডাক্তার ও অন্যান্য বিজ্ঞানীদের বলিলেন তখন সবাই তাঁহার কথা হাসিয়া উড়াইয়া দিলেন এবং বলিলেন—বায়ু বায়ুই ; বায়ু আবার কখনও দু'রকম হতে পারে?' এরূপ বিদ্রূপে না দমিয়া শীলি আরও উৎসাহের সঙ্গে গবেষণা করিতে লাগিলেন এবং অনেকভাবে অগ্নি-বায়ু তৈরী করার উপায় আবিষ্কার করিলেন। সোরা কড়া তাপে গরম করিলে অগ্নি-বায়ু তৈরী হয়। একদিন এই লাজুক ও স্বল্পভাষী লোকটি সোরা হইতে অগ্নি-বায়ু আবিষ্কার করিয়া মহা উত্তেজনায় একেবারে গবেষণার ফ্লাস্কটি নিয়া ডাক্তারের কাছে হাজির হইলেন এবং ফ্লাস্কের মুখটি তাঁর নাকের সামনে চাপিয়া ধরিলেন। এই গ্যাসের মধ্যে প্রশ্বাস নিয়া ডাক্তার দেখিলেন যে, সত্যিই কী আরামদায়ক এই অগ্নি-বায়ু।

শীলির এই অগ্নি-বায়ুই—অক্‌সিজেন এবং অপ-বায়ু—নাইট্রোজেন। শীলিই সর্বপ্রথম অক্‌সিজেন ও নাইট্রোজেন আবিষ্কার করেন। শীলির বয়স তখন মাত্র তিরিশ। এই অগ্নি-বায়ুর মধ্যে তিনি হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রদীপ জ্বালান। শীলি ক্লোরিন ও ফসফরাস এবং নানা অ্যাসিড ও অনেক রাসায়নিক দ্রব্য আবিষ্কার করেন। কিন্তু ফ্লোজিস্টন তত্ত্বের প্রভাব তখন এত প্রবল ছিল যে অক্‌সিজেন বাস্তব ক্ষেত্রে আবিষ্কার করা সত্ত্বেও তিনি বলেন যে এই অগ্নি-বায়ু হইল ফ্লোজিস্টন-বিহীন বায়ু। অগ্নি-বায়ু মোমের ফ্লোজিস্টন গোগ্রাসে গিলিয়া খায় বলিয়াই অগ্নি-বায়ুতে এরূপ প্রবল শিখার প্রদীপ জ্বলে। শীলি মাত্র 44 বৎসর বয়সে মারা যান। তাঁহার অক্‌সিজেন আবিষ্কারের সংবাদ পাওয়া যায় আবিষ্কারের সাত বছর পরে।

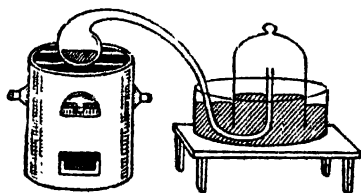
বিজ্ঞানী প্রিস্ট্‌লী—বৃটিশ বিজ্ঞানী প্রিস্ট্‌লী ছিলেন একজন ধর্ম-যাজক। বিদ্যুৎ-বিজ্ঞানী বেঞ্জামিন ফ্রাঙ্কলিনের সংস্পর্শে আসিয়া প্রথমে তিনি বিদ্যুৎ-বিজ্ঞানের প্রতি আকৃষ্ট হন এবং বিদ্যুৎ-বিজ্ঞান সম্বন্ধে একটি বইও লিখেন। কিন্তু ক্রমশ বিভিন্ন গ্যাস লইয়া গবেষণা আরম্ভ করিয়া তিনি রসায়ন-বিজ্ঞানী নামেই খ্যাতিলাভ করেন। তিনি সোডাওয়াটার, অ্যামোনিয়া এবং অনেক রকম গ্যাস আবিষ্কার করেন। কিন্তু তিনি সবচেয়ে বেশি খ্যাতিলাভ করেন অক্‌সিজেন আবিষ্কার করিয়া। শীলিও অক্‌সিজেন আবিষ্কার করেন, কিন্তু সে-সংবাদ তখনও প্রিসট্‌লীর জানা ছিল না।

সেদিনে স্টোভ, মোমবাতি বা সাধারণ উনানই ছিল বিজ্ঞানীর রসায়নাগারে তাপ সৃষ্টি করার উপায়। কারণ, তখনও বুন্‌সেন দীপ আবিষ্কৃত হয় নাই। বড় কাচের 'লেন্‌স'-এর সাহায্যে সূর্যের আলোক ঘনীভূত করিয়াও তাপ সৃষ্টি করা হইত। গবেষণার কাজে সাহায্য করার জন্য এক বন্ধু প্রিস্টলীকে একটি বড় 'লেন্‌স্' উপহার দেন। সেই লেন্‌স্ দিয়া নানা ধাতু উত্তপ্ত করার পরে অনেকটা খামখেয়ালীভাবে একদিন তিনি লাল পারদভস্ম উত্তপ্ত করিতে আরম্ভ করেন। হঠাৎ তিনি লক্ষ্য করিলেন যে, পারদভস্ম হইতে এক রকম গ্যাস নির্গত হইতেছে এবং পারদভস্ম হইতে আবার পারদ তৈরী হইতেছে। এই ঘটনা দেখিয়া প্রিস্ট্‌লী অত্যন্ত আশ্চর্য হইয়া যান। পারদকে বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে পারদভস্ম তৈরী হয়, সেই পারদভস্ম হইতে আবার বায়ু ও পারদ সৃষ্টি হইবে কি ভাবে? তিনি পারদভস্ম হইতে উৎপন্ন গ্যাস সংগ্রহ করিলেন এবং শীলির মত পরীক্ষা করিয়া দেখিলেন, এই গ্যাসে মোমবাতি খুব উজ্জলভাবে জ্বলিতে

পারে এবং পোকামাকড় অনেকক্ষণ এই বায়ুতে দম নিতে পারে। তিনি পারদ-ভস্মের এই গ্যাসটির নাম দিলেন ফ্লোজিস্টন-বিহীন-বায়ু। এই বায়ুটি অবশ্য অক্সিজেন গ্যাস ছাড়া আর কিছু নয়।

প্রিস্ট্‌লী ধর্মীয় ও রাজনৈতিক চিন্তায় অত্যন্ত উদারপন্থী ছিলেন। তিনি ফরাসী বিপ্লবের প্রশংসা করেন এবং সেই অপরাধে সরকারী প্ররোচনায় একদল ক্ষিপ্ত জনতা তাঁহার বার্মিংহামের গবেষণাগারটি ভাঙ্গিয়া তছনছ করিয়া দেয়। সরকার ও ক্রুদ্ধ জনতার হাত হইতে আত্মরক্ষার জন্য তিনি আমেরিকায় পলাইয়া যান। কিন্তু বিজ্ঞান-চিন্তায় ছিলেন তিনি সংস্কারপন্থী। পারদভস্ম হইতে তিনি অক্সিজেন আবিষ্কার করেন এবং এই আবিষ্কার দ্বারাই ফ্লোজিস্টনকে বিদায় দেওয়ার পথ পরিষ্কার করা হয়। কিন্তু ফ্লোজিস্টনের ভূত বিজ্ঞানীদের উপর তখন এমনভাবেই চাপিয়া বসিয়াছিল যে, তিনিও ভাবিলেন যে, পারদভস্মের গ্যাসটি ফ্লোজিস্টনহারা-বায়ু ছাড়া আর কিছুই নয়।

বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার—কাল্পনিক ফ্লোজিস্টনের দফারফা করেন ফরাসী বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার। শীলির মত তিনিও পরীক্ষা করিয়া দেখান যে বোতলভরা বায়ুর মধ্যে লোহা বা টিন উত্তাপ দিয়া ভস্ম করিলে লোহা বা টিন বোতলের পাঁচ ভাগের একভাগ বায়ু গ্রাস করিয়া ভস্ম হইয়া যায় এবং বোতলে যে-বায়ু বাকী থাকে তার মধ্যে আগুন জালানো যায় না। প্রিস্ট্‌লীর পরে তিনিও স্বতন্ত্রভাবে আবার পারদ-ভস্মের পরীক্ষাটি করেন। এই পরীক্ষায় সব-চেয়ে বড় সহায়ক হয় তাঁহার তুলাদণ্ড। ল্যাভয়সিয়ার প্রথম রাসায়নিক পরীক্ষায় ব্যাপকভাবে তুলাদণ্ডের অর্থাৎ রাসায়নিক দ্রব্য মাপার পন্থা প্রবর্তন করেন।

ল্যাভয়সিয়ার কিছু পারদ লইয়া তাহার ওজন লন এবং একটি বায়ুভরা বোতলের মধ্যে সেই পারদকে উত্তপ্ত করিলেন। তিনি বায়ুর ওজন মাপিলেন। তারপর বড় লেন্সের সাহায্যে পারদকে তিনি ভস্মে পরিণত করিলেন। পারদ লালচে ভস্মে পরিণত হওয়ার পরে বোতলের বায়ু পাঁচ ভাগের এক ভাগ কমিয়া গেল এবং পারদ-ভস্মের ওজন যতখানি বাড়িল, বায়ুর ওজনও ততখানি কমিল। তিনি আরও

ল্যাভয়সিয়ারের বায়ু-পরীক্ষা যন্ত্র

দেখিলেন যে, বোতলের মধ্যে যে-বায়ু অবশিষ্ট রহিল তার মধ্যে দম নেওয়া যায় না, আগুনও জ্বালানো যায় না।

এই পরীক্ষায় পারদ পরিণত হইল পারদভস্মে এবং বায়ুর আয়তন এক-পঞ্চমাংশ হ্রাস পাইল। আরও দেখা গেল, পারদভস্মের ওজন যতখানি বৃদ্ধি পাইল বায়ুর ওজন ততখানি হ্রাস পাইল।

তিনি লাল্ পারদভস্ম আলাদা করিয়া নিলেন এবং লেন্সের তাপে পারদভস্ম উত্তপ্ত করিয়া আবার গ্যাস ও পারদ তৈরী করিলেন। তিনি প্রথমে যতখানি পারদ নিয়াছিলেন ঠিক ততখানি পারদ আবার ফেরৎ পাইলেন এবং পারদভস্ম করিবার সময় যতখানি বায়ু কমিয়া গিয়াছিল ঠিক ততখানি বায়ু পারদভস্ম হইতে ফেরৎ পাইলেন। দেখা গেল, এই বায়ুর মধ্যে অনায়াসে দম লওয়া যায় এবং আগুনও জ্বলে প্রদীপ্ত শিখায়। এই বায়ু বোতলের বাকী বায়ুর সঙ্গে মিশাইয়া তিনি আবার স্বাভাবিক বায়ু তৈরী করিলেন।

এই পরীক্ষার পর তিনি সিদ্ধান্ত করিলেন :

(1) বায়ু দুই রকম গ্যাসে তৈরী। একটি গ্যাসের নাম দিলেন তিনি অক্সিজেন, অপরটির নাম দিলেন 'অ্যাজোট'। পরে এই অ্যাজোটের নাম দেওয়া হয় নাইট্রোজেন।

(2) বায়ুর অক্সিজেনের জন্যই বায়ুতে আগুন জ্বলে।

(3) বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে উত্তপ্ত ধাতু মিশিবার ফলে ধাতুভস্ম তৈরী হয়। অর্থাৎ, ধাতুভস্ম = ধাতু + অক্সিজেন।

এতদিন পর্যন্ত বিজ্ঞানীদের বিশ্বাস ছিল যে, আগুন জ্বলে ফ্লোজিস্টন দেওয়া বা নেওয়ার জন্য। ল্যাভয়সিয়ার বলিলেন যে আগুন জ্বলে এবং ধাতুভস্ম তৈরী হয় অক্সিজেনের জন্য। কয়লা অক্সিজেনের সঙ্গে মিশিয়া অঙ্গারীয় গ্যাস (কার্বন-ডাই-অক্সাইড) তৈরী করে, তাই কয়লায় আগুন জ্বলে। লোহা, টিন, পারদ, সীসা ইত্যাদি ধাতু অক্সিজেনের সঙ্গে মিলিয়া ভস্মে পরিণত হয়। ল্যাভয়সিয়ার ফ্লোজিস্টনকে একেবারে অলীক বলিয়া প্রমাণ করিয়া দিলেন। কিন্তু প্রায় দেড়শ' বছর ধরিয়া ফ্লোজিস্টনের উপরে বিজ্ঞানীদের এরূপ অগাধ বিশ্বাস ছিল যে, অন্যান্য বিজ্ঞানী বরং ল্যাভয়সিয়ারকে বিদ্রূপ করিতে লাগিলেন তবু সহজে ফ্লোজিস্টনের ভূত ছাড়িতে রাজী হইলেন না।

বিজ্ঞানী ক্যাভেনডিশ—ল্যাভয়সিয়ার যখন ফ্লোজিস্টনকে বিদায় দিলেন তখন জলের গঠন নিয়া বৃটিশ বিজ্ঞানী ক্যাভেনডিশ একটি নূতন পরীক্ষা করেন। রবার্ট রয়েল একটি গ্যাস আবিষ্কার করেন যাহার নাম দেওয়া হয় **প্রজ্বলন গ্যাস**। এই গ্যাসটির মধ্যে আগুন ধরাইয়া দিলে জ্বলিতে আরম্ভ করে। প্রিস্ট্‌লী মনে করেন যে এই গ্যাসটির মধ্যে খুব বেশী পরিমাণে ফ্লোজিস্টন আছে। ঐজন্যই গ্যাসটি এরূপ জ্বলিতে পারে, তাই তিনি এই গ্যাসটির নাম দেন—**ফ্লোজিণ্টন-পূর্ণ বায়ু**। আসলে এই গ্যাসটি হাইড্রোজেন।

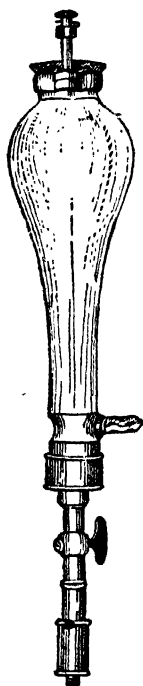
বিজ্ঞানী ক্যাভেনডিশ

ক্যাভেনডিশ একটি কাচের ছিপি-আঁটা চিমনির মধ্যে কিছু পরিমাণে ল্যাভয়সিয়ারের আবিষ্কৃত অক্‌সিজেন গ্যাস ভরেন এবং তার সঙ্গে দ্বিগুণ পরিমাণে ভরেন প্রজ্বলন গ্যাস (হাইড্রোজেন)। ইটালীয়ান বিজ্ঞানী ভোল্টা তখন সবেমাত্র বৈদ্যুতিক ব্যাটারী আবিষ্কার করিয়াছেন। ক্যাভেনডিশ একটি ব্যাটারীর সাহায্যে এই মিশ্রিত গ্যাসের মধ্যে বিদ্যুতের স্পর্শ দিলেন এবং দেখিলেন যে, মুহূর্তের মধ্যে চিমনির মধ্যে একটি বিস্ফোরণ ঘটিয়া গেল। সঙ্গে সঙ্গে চিমনির গ্যাস সব উধাও হইয়া গেল এবং চিমনির গায়ে জমা হইল শুধু কয়েক বিন্দু জলকণা।

এই পরীক্ষাটি বিশ্লেষণ করিয়া যে-কোন বিজ্ঞানী বলিতে পারিতেন যে, হাইড্রোজেন ও অক্‌সিজেন গ্যাসের মিলনে জল তৈরী হইয়াছে। কিন্তু ফ্লোজিস্টনের উপরে ক্যাভেনডিশের আস্থা এত প্রগাঢ় ছিল যে, তিনি বলিলেন যে **প্রজ্বলন বায়ু** (হাইড্রোজেন) হইল **ফ্লোজিস্টনপূর্ণ জল** এবং **ফ্লোজিস্টন পূর্ণ-বায়ু** (অক্‌সিজেন) হইল **ফ্লোজিস্টন-বিহীন জল** ; অর্থাৎ,

প্রজ্বলন বায়ু=জল+ফ্লোজিস্টন ;

ফ্লোজিস্টন-বিহীন বায়ু=জল−ফ্লোজিস্টন।

ক্যাভেনডিশ ছিলেন বড় একরোখা ও অদ্ভুত মেজাজী বিজ্ঞানী। নাইট্রিক অ্যাসিড, বায়ু এবং আরও অনেক বিষয়ে তিনি মূল্যবান গবেষণা করেন। ক্যাভেনডিশের পরীক্ষার অনেক সংবাদ পাওয়া যায় তাঁর মৃত্যুর পরে গবেষণাগারের নোট-খাতা সন্ধান করিয়া। বিজ্ঞানের গবেষণাতেই ছিল তার আনন্দ ; নাম যশের তিনি ধার ধরিতেন না।

ক্যাভেনডিশের
জল-সংশ্লেষণের যন্ত্র

মৌলিক পদার্থের নূতন পরিচয়—

ক্যাভেনডিশের এই জলের পরীক্ষা অতি সহজেই ব্যাখ্যা করেন ল্যাভয়সিয়ার। প্রজ্বলন বায়ু জল তৈরী করে বলিয়া তিনি এই গ্যাসটির নাম দেন হাইড্রোজেন। তিনি বলেন যে, হাইড্রোজেনের সঙ্গে অক্সিজেনের মিলনে জল তৈরী হয়। ইহার মধ্যে অলীক ফ্লোজিস্টনের কোন স্থান নাই। অর্থাৎ,

হাইড্রোজেন+অক্সিজেন=জল

অনেক তর্ক-বিতর্কের পরে ফ্লোজিস্টনের ভূত ল্যাভয়সিয়ারের কাছে হার মানিতে বাধ্য হইল। ফ্লোজিস্টনের অলীক কল্পনা হইতে রসায়ন বিজ্ঞানকে মুক্তি দিলেন তিনি। শুধু তাই নয়, ল্যাভয়সিয়ার আধুনিক রসায়নের ভিত্তিও রচনা করিলেন। কি ভাবে রাসায়নিক প্রক্রিয়া ঘটে তাহা বুঝিবার উপায় নির্দেশ করিলেন এবং সেই সঙ্গে তিনি মৌলিক পদার্থ আবিষ্কারের পথও প্রদর্শন করিলেন। এতদিন পর্যন্ত জানা ছিল যে, মাটি, জল, বায়ু ও আগুন—এই কয়েকটি বস্তুই জগতের মূল পদার্থ নয়। কিন্তু ল্যাভয়সিয়ার প্রমাণ করিলেন যে, বায়ু কোন মূল পদার্থ নয়,—বায়ু, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন নামে দুইটি গ্যাসীয় পদার্থের দ্বারা তৈরী। তিনি আরও দেখাইলেন যে, জলও কোন মূল পদার্থ নয়। জল অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন দ্বারা গঠিত। যে আগুনকে এতদিন একটি পদার্থ বলা হইত—তিনি প্রমাণ করিলেন যে, সেই আগুন মোটেই কোন পদার্থ নয়। অক্সিজেনের সঙ্গে উত্তপ্ত অঙ্গারের মিলনে যে-প্রক্রিয়া ঘটে তাহাকেই বলা হয় আগুন। মাটিও কোন একক বস্তু নয়

তামা, লোহা, সীসা, দস্তা, টিন, পারদ ইত্যাদি বহু রকম মৌলিক পদার্থ দ্বারা মাটি গঠিত। সোনা, রূপা, কার্বন (অঙ্গারক) কোবাল্ট, নিকেল ইত্যাদি অনেক বস্তুকে ল্যাভয়সিয়ারই প্রথম মৌলিক পদার্থ বলিয়া সাব্যস্ত করেন। তিনি এই সব পদার্থকে মৌলিক পদার্থ বলেন এই জন্য যে, এইসব পদার্থগুলি ভাঙ্গিয়া বা বিশ্লেষণ করিয়া আর কোন নূতন পদার্থ পাওয়া যায় না।

এই অমিত প্রতিভাধর বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার শুধু মৌলিক পদার্থের আবিষ্কারই নয়—রসায়ন বিজ্ঞানের আরও অনেক তত্ত্ব এবং অনেক রাসায়নিক পদার্থ আবিষ্কার করেন। কিন্তু এই মহাবিজ্ঞানীর জীবনাবসান ঘটে অত্যন্ত শোচনীয়ভাবে। তিনি ছিলেন ফরাসী দেশের অভিজাত বংশের লোক। সেই অপরাধে ফরাসী বিপ্লবের সময় তাঁহাকে গ্রেপ্তার করা হয় এবং নির্মমভাবে গিলোটিনে হত্যা করা হয়।

নূতন মৌলিক পদার্থের আবিষ্কার

ল্যাভসিয়ারের পথ অনুসরণ করিয়া ঊনবিংশ শতাব্দী ও বিংশ শতাব্দীর প্রথম ভাগে রসায়ন বিজ্ঞানীরা আরও অনেক মৌলিক পদার্থ আবিষ্কার করেন। বৃটিশ বিজ্ঞানী ডেভি আবিষ্কার করেন পটাসিয়াম, সোডিয়াম, আইয়োডিন এবং আরও কয়েকটি মৌলিক পদার্থ। জার্মান বিজ্ঞানী বুনসেন ও কারশফ আবিষ্কার করেন ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, স্ট্রনশিয়াম ও বেরিয়াম। পোলিশ বিজ্ঞানী র‍্যামজে আবিষ্কার করেন হিলিয়াম, নিয়ন এবং আরও অনেক মৌলিক পদার্থ। এইভাবে নূতন নূতন মৌলিক পদার্থের আবিষ্কার রসায়ন বিজ্ঞান প্রগতির এক নূতন পথে অগ্রসর হইয়া চলে।

পদার্থের পরিচয়ঃ

৮ মৌলিক, যৌগিক ও মিশ্র পদার্থ

আমাদের পৃথিবীর অগণিত ও অজস্র বস্তুরাশি বিশ্লেষণ করিলে তিন শ্রেণীর পদার্থ পাওয়া যায়। যথা :

1. **মৌলিক পদার্থ** বা **মৌল** বা **এলিমেণ্ট** (Element),
2. **যৌগিক পদার্থ** বা **যৌগ** বা **কম্পাউণ্ড** (Compound),
3. **মিশ্র পদার্থ** বা **মিকশ্চার** (Mixture)।

মৌলিক পদার্থ বা মৌল বা এলিমেণ্ট (Element)ঃ

মৌলিক পদার্থ বা মৌল বা এলিমেণ্ট বলা হয় সেই সব মূল পদার্থকে যাহা বিশ্লেষণ করিয়া আর কোন নূতন পদার্থ পাওয়া যায় না।

হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, সোনা, লোহা বা পারদ—এক একটি মৌলিক পদার্থ বা মৌল। শত চেষ্টা করিয়াও হাইড্রোজেনকে বিশ্লেষণ করিয়া আর নূতন কোন পদার্থ পাওয়া সম্ভব নয়। সেরূপ শত বিশ্লেষণের পরেও পারদ (মার্কারী) সব সময়ে পারদ এবং লোহা সব সময়ে লোহাই থাকে। কিন্তু জল বিশ্লেষণ করিয়া পাওয়া যায়, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন। তাই, জল মৌলিক পদার্থ নয়। কিন্তু হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন বিশ্লেষণ করিয়া আর কোন নূতন পদার্থ পাওয়া যায় না। তাই, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন **মৌলিক পদার্থ** বা **মৌল** বা **এলিমেণ্ট**।

ল্যাভয়সিয়ারের পরে বিজ্ঞানীরা ক্রমাগত গবেষণা করিয়া পৃথিবীর সমস্ত মৌলিক পদার্থ আবিষ্কার করিয়া ফেলিয়াছেন। আমাদের পৃথিবীতে প্রাকৃতিক **মৌলিক পদার্থের সংখ্যা নিরানব্বইটি**। ইহাদের মধ্যে চারিটি মৌলিক পদার্থ বর্তমানে প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। কিন্তু ইহাদের কৃত্রিমভাবে তৈরী করা সম্ভব হইয়াছে। এই মৌলিক পদার্থগুলি স্বাভাবিক অবস্থায় কোন

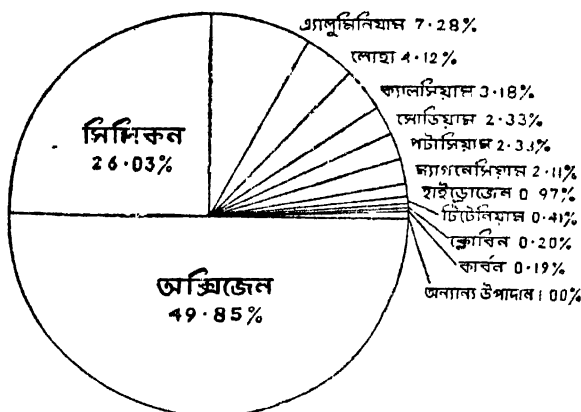
কোনটা কঠিন, কোনটা তরল এবং কোনটা গ্যাসীয়। নীচে কয়েকটি পরিচিত প্রাকৃতিক মৌলিক পদার্থের নাম দেওয়া হইল :

কঠিন মৌলিক পদার্থ		তরল মৌলিক পদার্থ
সোনা (গোল্ড)	পটাসিয়াম	পারদ (মার্কারী)
রূপা (সিলভার)	সোডিয়াম	ব্রোমিন
তামা (কপার)	অ্যালুমিনিয়াম	
লোহা (আয়রন)	ম্যাগনেসিয়াম	
দস্তা (জিঙ্ক)	ফস্‌ফরাস	
টিন	কার্বন (অঙ্গার)	**গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থ**
সীসা (লেড্)	গন্ধক (সালফার)	হাইড্রোজেন
প্লাটিনাম	আইয়োডিন	অক্সিজেন
নিকেল	সিলিকন	নাইট্রোজেন
ম্যাঙ্গানিজ	রেডিয়াম	ফ্লোরিন
ক্যালসিয়াম	ইয়ুরেনিয়াম	ক্লোরিন,
		হিলিয়াম, নিয়ন, আরগন, ইত্যাদি

পৃথিবীর উপরিভাগের প্রায় 75 ভাগ পদার্থ অক্সিজেন, সিলিকন, অ্যালুমিনিয়াম, লোহা, ক্যালসিয়াম, সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, হাইড্রোজেন ও কার্বন নামে মোট দশটি মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত। ইহাদের মোটামুটি পরিমাণ দেওয়া হইল।

পদার্থ	শতকরা ভাগ	পদার্থ	শতকরা ভাগ
অক্সিজেন	50%	সোডিয়াম	3%
সিলিকন	26%	পটাসিয়াম	2%
(যাহা দ্বারা বালু গঠিত)		ম্যাগনেসিয়াম	2%
অ্যালুমিনিয়াম	7%	হাইড্রোজেন	1%
লোহা	4%	কার্বন	2%
ক্যালসিয়াম	3%	বাদবাকী পদার্থ	18%

সাধারণত সোনা, রূপা, প্লাটিনাম, পারদ, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন—এরূপ কয়েকটি মৌলিক পদার্থ ছাড়া বাকী আর প্রায় সব মৌলিক পদার্থই পাওয়া যায় অন্য মৌলিক পদার্থের সঙ্গে যুক্ত অবস্থায় তথা যৌগিক পদার্থরূপে। প্রাকৃতিক

মৌলিক পদার্থ বা মৌল ছাড়াও পরমাণু বিজ্ঞানীরা এযাবৎ নেপচুনিয়াম, প্লুটুনিয়াম, ক্যালিফোর্নিয়াম, আমেরিকাম ইত্যাদি প্রায় দশটির অধিক কৃত্রিম

ভূত্বকে মৌলিক পদার্থের আপেক্ষিক পরিমাণ

মৌলিক পদার্থ তৈরী করিতে সক্ষম হইয়াছেন। আবিষ্কারকেরা যে-নাম দিয়াছেন মৌলিক পদার্থগুলির সেই নামই প্রচলিত হইয়াছে।

যৌগিক পদার্থ বা যৌগ বা কম্পাউণ্ড (Compound)

যৌগিক পদার্থ বা যৌগ বা কম্পাউণ্ড বলা হয় সেই সব পদার্থকে যে-পদার্থকে বিশ্লেষণ করিয়া দু'টি বা তাহার বেশি মৌলিক পদার্থ পাওয়া যায় অথবা দুই বা ততোধিক মৌল নির্দিষ্ট ওজনে পরস্পরে সংযুক্ত হইয়া যাহা গঠন করিতে পারে। যৌগিক পদার্থ গঠিত হয় নির্দিষ্ট ওজনে একাধিক মৌলিক পদার্থের পারস্পরিক সংযোগে।

জল, লবণ, চিনি, অ্যাসিড, ক্ষার—এই সবই যৌগিক পদার্থ বা যৌগ, তথা কম্পাউণ্ড। জল তরল পদার্থ কিন্তু যে-মৌলিক পদার্থ দুইটি দ্বারা জল গঠিত তাহা গ্যাসীয় পদার্থ—অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন। লবণ মৌলিক পদার্থ সোডিয়াম ও ক্লোরিন দ্বারা তৈরী। লবণ আমরা খাই, কিন্তু সোডিয়াম জিভে দিলে জিভ পুড়িয়া যায় এবং সবুজ বর্ণের ক্লোরিন একটি বিষাক্ত গ্যাস। লবণের মধ্যে সোডিয়াম বা ক্লোরিনের কোন ধর্ম-ই নাই। লবণের ধর্ম সম্পূর্ণভাবে আলাদা। চিনি মিষ্টি, কিন্তু চিনি যে-তিনটি মৌলিক পদার্থ,

যথা—কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দ্বারা তৈরী তাহার মধ্যে একটিরও মিষ্টত্ব নাই। সুতরাং দেখা যায়, মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত হইলেও যৌগিক পদার্থের ধর্ম সেই মৌলিক হইতে আলাদা।

পৃথিবীর অধিকাংশ বস্তুই যৌগ বা যৌগিক পদার্থ তথা কম্পাউণ্ড। যৌগিক পদার্থকে আবার দুই শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। যথা : **জৈব (organic) পদার্থ ও অজৈব (Inorganic) পদার্থ**। সাধারণত উদ্ভিদ্ ও প্রাণী হইতে যে-সমস্ত বস্তু পাওয়া যায় সেইগুলিকে বলা হয় জৈব পদার্থ। বিস্ময়ের কথা এই যে, জৈব পদার্থগুলি সবই প্রধানত কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন—মূলত মাত্র এইরূপ তিন রকম মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত। চিনি, চাউল, দুধ, আম, নারিকেল, মাছ, মাংস, বাঁশ, কাগজ, তুলা, মোম, পেট্রল, রবার, কাঠ, কয়লা—সবকিছুর মধ্যে প্রধানত আছে মাত্র চার রকম মৌলিক পদার্থ—কার্বন, হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন। খনিজ অ্যাসিড, ক্ষার, লবণ, বালু, সোডা, অ্যামোনিয়া, কার্বন ডাই-অক্সাইড, মাটি ইত্যাদি বস্তুগুলি অজৈব বা যৌগিক পদার্থ।

মিশ্র পদার্থ বা মিকশ্চার (Mixture)

মিশ্র পদার্থ বা মিকশ্চার বলা হয় সেই পদার্থকে যার মধ্যে যে-কোন পরিমাণে একাধিক মৌলিক বা যৌগিক পদার্থ মিশ্রিত থাকিতে পারে এবং এরূপ মিশ্রণের ফলে মিশ্র পদার্থে ভিন্ন ধর্মের কোন নূতন পদার্থ সৃষ্ট হয় না বরং মিশ্রিত অবস্থায় ইহার মধ্যে সংযোগী পদার্থগুলির স্ব স্ব ধর্ম বজায় থাকে। একাধিক মৌলিক পদার্থ বা মৌলিক ও যৌগিক পদার্থ অথবা যৌগিক ও যৌগিক মিশ্রিত করিয়া মিশ্র পদার্থ তৈরী করা যায়।

বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ। বায়ুর নিজের কোন আলাদা ধর্ম নাই—অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের যুক্ত ধর্মই বায়ুর ধর্ম। সমুদ্র-জল মূলত যৌগিক পদার্থ লবণ ও জলের একটি মিশ্র পদার্থ। সমুদ্র-জল লবণের জন্য লবণাক্ত এবং জলের জন্য সিক্ত ধর্মী। কিন্তু লবণ ও জলের ধর্ম ছাড়া সমুদ্র জলের অন্য কোন আলাদা ধর্ম নাই। মাটি একটি মিশ্র পদার্থ। মাটি বিভিন্ন রকম যৌগিক পদার্থের মিশ্রণে গঠিত। দুধ একটি মিশ্র পদার্থ। ইহা জল ও স্নেহজাতীয় পদার্থের মিশ্রণে গঠিত।

যৌগিক ও মিশ্র পদার্থ
(Compound and Mixture)

যৌগিক পদার্থ গঠনের জন্য কমপক্ষে দুইটি মৌলিক পদার্থের প্রয়োজন; কিন্তু দুইটি মৌলিক পদার্থ মিশাইয়া দিলেই যৌগিক পদার্থ গঠিত হয় না। অক্সিজেনের সঙ্গে হাইড্রোজেন মিশাইয়া দিলেই যৌগিক পদার্থ জল হয় না, তৈরী হয় হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের একটি মিশ্র গ্যাসীয় পদার্থ। বিদ্যুৎ-স্পর্শে গ্যাস দুইটি যখন নূতন ধর্মের একটি তরলে পরিণত হয় তখন গঠিত হয় যৌগিক পদার্থ জল। কিন্তু চার ভাগ নাইট্রোজেনের সঙ্গে এক ভাগ অক্সিজেন মিশাইয়া দিলেই মিশ্র পদার্থ বায়ু গঠিত হয়। জলের মধ্যে চিনি দ্রবীভূত করিলে জলে চিনির স্বাদ পাওয়া যায়। তাই, সরবৎ চিনি ও জলের একটি মিশ্র পদার্থ। মিশ্র পদার্থের মধ্যে উপাদানগুলির ধর্ম বজায় থাকে। কিন্তু যৌগিক পদার্থ উপাদান হইতে মূলত আলাদা একটি নূতন পদার্থ এবং এই নূতন পদার্থের ধর্মও উপাদানের ধর্ম হইতে আলাদা।

লোহা ও গন্ধকের মিশ্র ও যৌগিক পদার্থ
(Compound and Mixture of sulphur and iron)

লোহা ও গন্ধক দুইটি মৌলিক পদার্থ। এই পদার্থ দুইটির কয়েকটি বিশেষ ধর্ম :

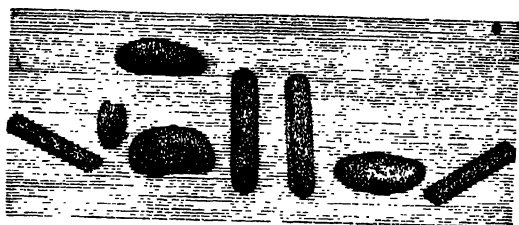
(i) লোহা চুম্বক দ্বারা আকর্ষিত হয়, কিন্তু গন্ধক আকর্ষিত হয় না।

(ii) লোহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় এবং তাহার ফলে হাইড্রোজেন গ্যাস তৈরী হয়। হাইড্রোজেন গ্যাসের কোন গন্ধ নাই কিন্তু গ্যাসটি আগুনের সংস্পর্শে জ্বলিয়া ওঠে। কিন্তু গন্ধক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না।

(iii) লোহা কার্বন ডাই-সালফাইড নামক তরলে দ্রবীভূত হয় না, কিন্তু গন্ধক দ্রবীভূত হয়। [এই তরল কার্বন ও গন্ধকের একটি যৌগিক পদার্থ।]

লোহা ও গন্ধকের পৃথক্ ধর্মের বৈশিষ্ট্যের কথা স্মরণ রাখিয়া নিচের পরীক্ষা দেখা যায় :

(ক) **লোহা ও গন্ধকের মিশ্র পদার্থের পরীক্ষা** (Experiments with the mixture of iron and sulphur) :—এক চামচ লোহা গুঁড়ার

সঙ্গে এক চামচ বা আধ-চামচ গন্ধকচূর্ণ মিশাও। একটি পরীক্ষা নলের মধ্যে

লোহা ও গন্ধকের মিশ্র ও যৌগিক পদার্থ

লোহা ও গন্ধক মিশাইয়া বেশ ঝাঁকাইয়া লও এবং এই মিশ্রণ একটি সাদা কাগজের উপর ঢালিয়া ছড়াইয়া দাও।

(i) কালো লোহার কণা ও হলুদ গন্ধকের কণা মিশিয়া মিশ্র পদার্থের রং দেখিতে হইবে অনেকটা বাদামী।

(ii) লোহা ও গন্ধক মিশাইবার ফলে কোন তাপ সৃষ্টি হইবে না।

(iii) একটি কাচের 'লেনস্' দিয়া মিশ্র পদার্থটি দেখ। গন্ধক ও লোহার কণাগুলি বিচ্ছিন্ন ও আলাদা দেখা যাইবে।

(iv) মিশ্রণের সামনে চুম্বক ধর। মিশ্রিত পদার্থের লোহার গুঁড়া চুম্বকে আকর্ষিত হইবে।

(v) মিশ্র পদার্থের কিছু অংশ একটি পরীক্ষা-নলে নিয়া তাহার মধ্যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ঢাল। অ্যাসিডে লোহা দ্রবীভূত হইবে এবং গন্ধহীন হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হইবে, কিন্তু গন্ধক অদ্রবীভূত অবস্থায় পরীক্ষা-নলের নীচে পড়িয়া থাকিবে।

(vi) একটি পরীক্ষা-নলে কার্বন ডাই-সালফাইড তরল লও এবং তাহার মধ্যে কিছুটা লোহা ও গন্ধকের মিশ্রণ মিশাও। তরলের মধ্যে গন্ধক দ্রবীভূত হইবে, কিছুটা লোহা তরলের নীচে অদ্রাব্যরূপে পড়িয়া থাকিবে।

লোহা ও গন্ধকের এরূপ একত্র মিশ্রিত পদার্থটি একটি মিশ্রণ। তাই, মিশ্রণের মধ্যে লোহা ও গন্ধকের নিজ নিজ ধর্ম আলাদাভাবে বজায় রহিয়াছে।

(খ) লোহা ও গন্ধকের যৌগিক পদার্থের পরীক্ষা (Experiments with the compounds of iron and sulphur) : এখন 4 গ্রাম গন্ধকের গুঁড়ার সঙ্গে 7 গ্রাম লোহার গুঁড়া একটি খলের মধ্যে মাড়িয়া ভাল

করিয়া মিশাও। এই মিশ্রিত পদার্থটি একটি পরীক্ষা-নলে ভর এবং বুনসেন দীপের কড়া তাপে উত্তপ্ত করিয়া গলাইয়া ফেল। এই পদার্থটি দেখিতে হইবে একটি পিণ্ডের মত। ইহাকে খল-নুড়ির সাহায্যে গুঁড়া কর।

(i) গন্ধক ও লোহার একত্রে গলিত পদার্থটি দেখিতে হইবে কালো।

(ii) গন্ধক ও লোহার গলনের সময় তাপ সৃষ্টি হইবে।

(iii) এই কালো পদার্থটির গুঁড়া একটা সাদা কাগজে ছড়াইয়া দাও এবং একটি কাচের 'লেন্স্' দিয়া দেখ। গুঁড়ার মধ্যে গন্ধক বা লোহার কোন বিচ্ছিন্ন কণা খুঁজিয়া পাইবে না।

(iv) এই গুঁড়া পদার্থের সামনে চুম্বক আনিয়া ধর, কোন কণা চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হইবে না।

(v) কার্বন ডাই-সালফাইড তরল একটি পরীক্ষা-নলে লইয়া তাহার মধ্যে কিছু গুঁড়া মিশাও। তরলে কিছুই দ্রবীভূত হইবে না।

(vi) পরীক্ষা-নলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড নাও এবং তাহার মধ্যে কিছু লোহা ও গন্ধকের তৈরী গুঁড়া মিশাও। এবার একটি গ্যাস তৈরী হইবে কিন্তু সেই গ্যাস হাইড্রোজেন নয়। এই গ্যাসের গন্ধ হইবে পচা ডিমের মত। [এই গ্যাস সালফিউরেটেড্ হাইড্রোজেন।]

গন্ধক ও লোহার দ্বিতীয় ধরনের মিলনে যে নূতন পদার্থটি তৈরী হইয়াছে তাহার মধ্যে গন্ধক ও লোহার কোন ধর্মই বজায় নাই। এরূপ মিলনে আয়রন-সালফাইড নামের ভিন্ন ধর্মের একটি নূতন পদার্থ তৈরী হইয়াছে। এই পদার্থটি তাই একটি যৌগিক পদার্থ।

যৌগিক ও মিশ্র পদার্থের পার্থক্য

(Difference between a compound and a mixture)

এই পরীক্ষা দুইটি বিশ্লেষণ করিয়া যৌগিক ও মিশ্র পদার্থের পার্থক্য সম্বন্ধে সাধারণ সিদ্ধান্ত করিয়া এখন বলা যায় :

মিশ্র পদার্থ (Mixture)	যৌগিক পদার্থ (Compound)
1. দুইটি বা তাহার বেশি যে-কোন পদার্থকে যে-কোন পরিমাণে মিশাইয়া মিশ্র পদার্থ গঠন করা যায়। [মিশ্র পদার্থ দ্রবণের ক্ষেত্রে দ্রাবকের দ্রবণীয়তা নির্দিষ্ট।]	1. যৌগিক পদার্থ গঠন করিতে হইলে মৌলিক পদার্থের উপাদানগুলির পরিমাণ সব সময়ে নির্দিষ্ট রাখিতে হইবে।

উদাহরণ : চিনি ও লবণ যে-কোন পরিমাণে মিশাইয়া একটি লবণ-চিনির মিশ্র পদার্থ তৈরী করা যায়। কিন্তু জল তৈরী করিতে হইলে 1-ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে 8-ভাগ ওজনের অক্সিজেন তড়িৎ-স্পর্শের সাহায্যে সংযুক্ত করিতে হইবে।

2. মিশ্র পদার্থ গঠনের ফলে উপাদানগুলির মধ্যে শুধু ভৌত পরিবর্তন ঘটে। তাই সাধারণত মিশ্রণ-ক্রিয়ায় তাপের কোন উদ্ভব বা অভাব ঘটে না। [দ্রবণের ক্ষেত্রে অনেক সময় তাপের উদ্ভব বা অভাব ঘটে।]

2. যৌগিক পদার্থ গঠনে উপাদানগুলির মধ্যে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে। তাই যৌগিক পদার্থ গঠন-ক্রিয়ায় অবশ্যই তাপের উদ্ভব বা অভাব ঘটে।

উদাহরণ : গন্ধক ও লোহার মিশ্রণে তাপের পরিবর্তন হয় না। কিন্তু যৌগিক পদার্থ আয়রন-সালফাইড গঠন করিবার সময় তাপ সৃষ্টি হয়।

3. মিশ্র পদার্থের মধ্যে উপাদানগুলির নিজ নিজ ধর্ম আলাদাভাবে বজায় থাকে। তাই মিশ্র পদার্থের কোন নিজস্ব ধর্ম সৃষ্টি হয় না।

3. যৌগিক পদার্থের মধ্যে উপাদানগুলির রাসায়নিক ধর্ম মূলত বিলুপ্ত হইয়া যায় এবং যৌগিক পদার্থের একটি নিজস্ব রাসায়নিক ধর্ম গড়িয়া উঠে।

উদাহরণ : অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের মিশ্র ধর্মই বায়ুর ধর্ম। কিন্তু তরল জলে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাসের আলাদা ধর্ম বিলুপ্ত হইয়া যায় এবং নূতন ধর্ম গড়িয়া উঠে। এক আয়তন অক্সিজেন ও এক আয়তন নাইট্রোজেন মিশাইয়া তড়িৎ-স্পর্শ দানে ভিন্ন ধর্মী নাইট্রিক অক্সাইড তৈরী হয়।

4. মিশ্র পদার্থের মধ্যে উপাদানগুলি বিক্ষিপ্ত ও বিচ্ছিন্নভাবে পরস্পরের পাশাপাশি অবস্থিত থাকে বলিয়া সহজেই ভৌতিক বা যান্ত্রিক পদ্ধতিতে উপাদানগুলি পৃথক্ করা যায়।

4. যৌগিক পদার্থের মধ্যে উপাদানগুলি রাসায়নিক গঠনে পরস্পরের সঙ্গে অবিচ্ছিন্নভাবে সংযুক্ত থাকে বলিয়া পরস্পর হইতে উপাদানগুলিকে সহজে পৃথক্ করা যায় না।

উদাহরণ : লবণ-জলকে বাষ্পীভূত করিয়া লবণ ও জল পৃথক করা যায়। লোহা ও বালুর মিশ্রণ হইতে চুম্বক দিয়া লোহা বিচ্ছিন্ন করিয়া লওয়া যায়। কিন্তু জলের মধ্যে বিদ্যুৎ-প্রবাহ না চালাইলে জলের হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন

বিচ্ছিন্ন করা যায় না। আয়রন সালফাইড হইতেও যান্ত্রিক বা ভৌত পদ্ধতিতে আয়রন ও সাল্‌ফার পৃথক করা যায় না।

5. সাধারণ মিশ্র পদার্থের মধ্যে উপাদানগুলি পরস্পরে সমসত্বভাবে মিশে না (heterogeneous) [দ্রবণের ক্ষেত্রে সমসত্বভাবে মিশ্রিত থাকে।]	5. যৌগিক পদার্থের মধ্যে উপাদানগুলি সমসত্বভাবে (homogeneous) সংযুক্ত থাকে।

উদাহরণ: গন্ধক ও লোহার মিশ্রণে লেন্‌স্ দিয়া দেখা যায় যে, কোথাও গন্ধক বেশি, কোথাও লোহার গুঁড়া বেশি। কিন্তু জলের প্রতিটি কণায় পাওয়া যাইবে এক ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন ও আট ভাগ ওজনের অক্‌সিজেন। অনুরূপভাবে আয়ন সালফাইডের প্রতি কণায় 56 : 32 অনুপাতে আয়রন ও সালফার যুক্ত থাকে।

6. মিশ্র পদার্থের গলনাংক বা স্ফুটনাংকের কোন স্থিরতা নাই। [সম্পৃক্ত দ্রবণের স্ফুটনাংক নির্দিষ্ট]	6. যৌগিক পদার্থের গলনাংক বা স্ফুটনাংক সব সময় সুনির্দিষ্ট।

উদাহরণ: জল ও স্পিরিটের মিশ্রণের স্ফুটনাংকের কোন স্থিরতা নাই। কিন্তু যৌগিক পদার্থ জলের নির্দিষ্ট স্ফুটনাংক প্রমাণ বায়ুচাপে 100°C এবং হিমাংক 0°C ; স্পিরিটের স্ফুটনাংকও নির্দিষ্ট। কিন্তু জল ও স্পিরিট মিশ্রণের স্ফুটনাংক বা হিমাংক উহার উপাদানের পরিমাণের উপরে নিভরশীল।

মিশ্র পদার্থ রূপে দ্রবণের বিশেষত্ব
(Mixture and Solution)

দ্রবণ মূলত মিশ্র পদার্থ। কিন্তু মিশ্র পদার্থের রূপে দ্রবণের মধ্যে যৌগিক পদার্থের কোন কোন ধর্ম বর্তমান। এরূপ বৈশিষ্ট্যের জন্য দ্রবণকে বিশেষ ধরনের মিশ্র পদার্থ (special type of mixture) বলা হয়। দ্রবণের বৈশিষ্ট্য নিম্নরূপ :

(i) দ্রবণ সাধারণত কঠিন ও তরল বা দুইটি তরল পদার্থের মিশ্র পদার্থ। কিন্তু দ্রবণের মধ্যে কঠিন ও তরল পদার্থ, অর্থাৎ দ্রবণে দ্রাবকের মধ্যে দ্রাব সমভাবে মিশ্রিত থাকে। তাই প্রতি ফোঁটা লবণ-জলে সম অনুপাতে লবণ ও জল পাওয়া যাইবে। অর্থাৎ, যৌগিক পদার্থের ন্যায় মিশ্র পদার্থ রূপে দ্রবণও

একটি সমসত্ত্ব পদার্থ (homogeneous)। কিন্তু সাধারণ মিশ্র পদার্থের গঠন সমসত্ত্ব নয়।

(ii) কোন কোন দ্রবণ তৈরী করার সময় তাপের হ্রাস বা বৃদ্ধি হয়। জলের মধ্যে সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইলে অ্যাসিডের দ্রবণ গরম হইয়া উঠে। পক্ষান্তরে জলের মধ্যে সোরা বা নিশাদল (পটাসিয়াম নাইট্রেট বা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড) মিশাইলে জল ঠাণ্ডা হইয়া যায়। অর্থাৎ, যৌগিক পদার্থের গঠনের ন্যায় কোন কোন দ্রবণজাতীয় মিশ্র পদার্থ তৈরী করার সময় তাপের উদ্ভব বা অভাব ঘটে।

(iii) কত তাপাংকে কতখানি কঠিন পদার্থ কি পরিমাণ তরল পদার্থের সঙ্গে মিশ্রিত করিলে দ্রবণ তৈরী হইবে তাহার পরিমাণ নির্দিষ্ট থাকে। 100°C তাপাংকে 100 গ্রাম জলে মাত্র 36 গ্রাম লবণ দ্রবীভূত করা সম্ভব। অর্থাৎ সম্পৃক্ত দ্রবণে উপাদান অর্থাৎ দ্রাব ও দ্রাবকের পরিমাণ সুনির্দিষ্ট। সম্পৃক্ত দ্রবণে দ্রাবক ও দ্রাব্যের অনুপাত যৌগিক পদার্থের উপাদানের অনুপাতের ন্যায় সুনির্দিষ্ট।

(iv) সম্পৃক্ত দ্রবণের স্ফুটনাংক যৌগিক পদার্থের ন্যায় নির্দিষ্ট থাকে।

এই কয়েকটি বিষয়ে মিশ্র পদার্থের দ্রবণের সঙ্গে যৌগিক পদার্থের অনেকখানি মিল আছে। দ্রবণরূপে মিশ্র পদার্থের স্ফুটনাংকও নির্দিষ্ট। কিন্তু তবুও **দ্রবণ মিশ্র পদার্থ—যৌগিক পদার্থ নয়**। কারণ, দ্রবণরূপে কোন ভিন্নধর্মী নূতন পদার্থ গঠিত হয় না এবং দ্রবণের মধ্যে দ্রাব্য ও দ্রাবক অর্থাৎ উপাদানগুলির পৃথক্ ধর্ম বজায় থাকে। লবণ-জলের দ্রবণে লবণ ও জলের আলাদা ধর্ম বজায় থাকে। চিনি ও জলের মিশ্রণে যে-সরবৎ তৈরী হয় তাহার মধ্যে চিনির মিষ্টত্ব এবং জলের সিক্ততা বজায় থাকে এবং লবণ-জল বা চিনি-জল পাতিত করিয়া সহজেই লবণ বা চিনি এবং জল পৃথক্ করা যায়।

মিশ্র পদার্থের কয়েকটি উদাহরণ

যৌগিক ও মৌলিক পদার্থ নানাভাবে এবং বিভিন্ন ওজনে মিশ্রিত করিয়া মিশ্র পদার্থ গঠন করা যায় ;

(ক) মৌলিক + মৌলিক পদার্থ : বায়ু = অক্সিজেন + নাইট্রোজেন

(খ) মৌলিক + যৌগিক পদার্থ : প্রেসের কালি = অঙ্গার + গঁদ

কাজল = কার্বন + তেল

(গ) যৌগিক + যৌগিক পদার্থ : সমুদ্রজল = জল + লবণ

(ঘ) কঠিন + কঠিন পদার্থ : পিতল = তামা + দস্তা ; ব্রোঞ্জ = তামা + টিন

(ঙ) কঠিন + তরল : সরবৎ = চিনি + জল ; দ্রবণ : দ্রাব + দ্রাবক

(চ) তরল + তরল : লঘু অ্যাসিড দ্রবণ = জল + অ্যাসিড ;

মেথিলেটেড স্পিরিট = অ্যালকোহল + অপরিচ্ছন্ন জৈব তরল

(ছ) গ্যাস + গ্যাস : বায়ু = অক্সিজেন + নাইট্রোজেন

(জ) গ্যাস + তরল : সোডা ওয়াটার = জল + কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস

(ঝ) গ্যাস + কঠিন পদার্থ : ধোঁয়া = কার্বনকণা + গ্যাস

(ঞ) কঠিন + তরল + গ্যাস :

লিমোনেড = চিনি + জল + কার্বন ডাই-অক্সাইড

ধাতু ও অ-ধাতু বা মেটাল ও নন-মেটাল
(Metals and Non-metals)

মৌলিক পদার্থগুলিকে ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম অনুযায়ী মোটামুটি দুইটি প্রধান শ্রেণীতে ভাগ করা হয়। এক শ্রেণীকে বলা হয় **ধাতু** বা **মেটাল** (metal) এবং অপর শ্রেণীকে **অ-ধাতু** বা **নন-মেটাল** (non-metal)। কিন্তু সমস্ত মৌলিক পদার্থের বেলায় এরূপ শ্রেণীবিভাগ পুরাপুরি খাটে না। কারণ, কোন কোন ধাতুর মধ্যে অ-ধাতুর ধর্মও দেখা যায়। আবার কোন কোন অ-ধাতুর মধ্যে ধাতুর ধর্ম দেখা যায়। কিন্তু সাধারণভাবে এরূপ শ্রেণীবিভাগ মৌলিক পদার্থের পরিচয় অনুধাবন করিতে সাহায্য করে বলিয়া মৌলিক পদার্থগুলিকে **ধাতু** ও **অ-ধাতু** তথা **মেটাল** (Metal) ও **নন-মেটাল** (Non-metal) রূপে শ্রেণীবিভাগ করা হয়। ধাতু ও অধাতুর পার্থক্য অনুধাবনে প্রাথমিক বিবরণ অনুরূপ :

ধাতু (Metal)	**অ-ধাতু** (Non-metal)
ধাতু বলা হয় সেই সব মৌলিক পদার্থকে যে-সব মৌলিক পদার্থ :	অ-ধাতু বলা হয় সেইসব মৌলিক পদার্থকে যে-সব মৌলিক পদার্থ :
(i) কঠিন ও উজ্জ্বল এবং আলোক প্রতিফলনে সক্ষম।	(i) সাধারণত তরল বা গ্যাসীয় ও অনুজ্জ্বল এবং আলোক প্রতিফলনে অক্ষম।

ধাতু	অ-ধাতু
(ii) ভারী, শক্ত ও সুদৃঢ় এবং নমনীয় ও প্রসারশীল ; এবং এরূপ ধাতুকে হাতুড়ি দিয়া পিটাইলে এক-রকম শব্দ হয়—যাহাকে বলা হয় ধাতব-শব্দ।	(ii) হাল্কা, শিথিল, ভঙ্গুর কাঠিন্যহীন এবং যে-সব মৌলিক পদার্থের নমনীয়তা গুণ নাই এবং যাহাদের মধ্যে কোন ধাতব শব্দ হয় না।
(iii) তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবহণ করিতে সক্ষম।	(iii) সাধারণত তাপ ও বিদ্যুৎ-বহন করিতে সক্ষম নয়।
(iv) পজেটিভ বিদ্যুৎধর্মী।	(iv) নেগেটিভ বিদ্যুৎধর্মী।
(v) হাইড্রোক্লোরিক ও লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয়।	(v) হাইড্রোক্লোরিক বা লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড সাধারণত দ্রবীভূত হয় না।
(vi) জটিল যৌগিক পদার্থ গঠন করিতে সক্ষম।	(vi) সরল যৌগিক পদার্থ গঠন করিতে সক্ষম।
উদাহরণ : সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনে-সিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, লোহা, তামা, দস্তা, টিন, সীসা, পারদ, সোনা, রূপা, প্লাটিনাম ইত্যাদি মৌলিক পদার্থকে ধাতু বলা হয়। মোট মৌলিক পদার্থের মধ্যে চার ভাগের তিন ভাগই ধাতু (metal)। সোনা খুব প্রসারশীল বলিয়া সোনা পিটাইয়া সবচেয়ে পাতলা পাত তৈরী করা যায়।	**উদাহরণ :** হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন. ক্লোরিন, ব্রোমিন, আইয়োডিন, কার্বন, ফস-ফরাস, গন্ধক (সাল্ফার) সিলিকন ইত্যাদিকে অ-ধাতু বলা হয়।

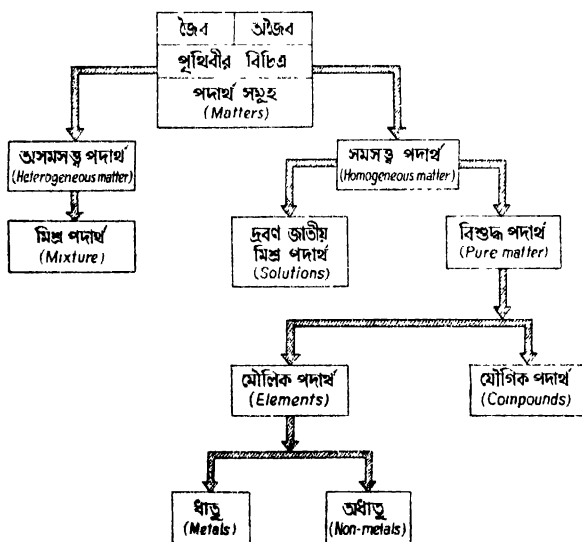
ব্যতিক্রম : মৌলিক পদার্থ পারদ ধাতু কিন্তু কঠিন নয়, অ-ধাতুর ন্যায় তরল। সোডিয়াম ও পটাসিয়াম ধাতু হইয়াও জলের চেয়ে হাল্কা।

ব্যতিক্রম : অ-ধাতু হওয়া সত্ত্বেও আইয়োডিন, কার্বন, গন্ধক, ফস্ফরাস তরল বা গ্যাসীয় নয়—ধাতুর ন্যায় কঠিন। কিন্তু আইয়োডিন

ধাতু	অ-ধাতু
পারদ ধাতু হইয়াও ভালভাবে তাপ ও বিদ্যুৎ বহন করিতে পারে না। অ্যান্টিমনী ও বিসমাথ—এই মৌলিক পদার্থ দু'টি ধাতু হইয়াও অ-ধাতুর মত ভঙ্গুর।	বা কার্বন পিটাইয়া পাতলা পাত তৈরী করা যায় না। আইয়োডিন এবং গ্র্যাফাইট জাতীয় কার্বন ধাতুর ন্যায় চক্‌চকে; হীরা জাতীয় কার্বন ধাতুর মত আলোক প্রতিফলিত করে। হাইড্রোজেন গ্যাস অ-ধাতু কিন্তু পজেটিভ বিদ্যুৎ-ধর্মী।

[তৃতীয় খণ্ডে একাদশ শ্রেণীর পাঠক্রমে ধাতু ও অ-ধাতুর বিস্তৃত আলোচনা করা হইয়াছে।]

পদার্থের শ্রেণীভাগের সরল চার্ট

প্রকৃতিতে প্রাপ্ত বিভিন্নধরনের পদার্থকে সাধারণভাবে একটি চার্টের আকারে নিম্নলিখিত শ্রেণীতে ভাগ করা যায়ঃ

Questions to be discussed

1. Define element, compound and mixture. Give examples in each case.
2. Classify the following substances into element, compound and mixture.

Air, Sulphur, Sugar, Milk Sm^ke, Soda water, Charcoal, Petrol, Brass, Salt, Ozone, Diamond, Lime, Iodine, Steel, Rust and Sea water.

3. What are the differences between element and compound and between compound and mixture? Illustrate with examples.

4. Why water is a compound but air is a mixture? Why charcoal is an element but coal a compound?

5. A solution has many properties of a compound yet it is a mixture—explain this with illustration.

6. Define Metal and Non-Metal and compare their properties. Mercury, Diamond, Bismuth, Bromine—are these elements metals or are they non-metals?

7. Give examples of mixture of the type—Solid—Solid, Solid—Liquid, Liquid—Liquid, Liquid—Gas, Gas—Gas, Solid—Liquid—Gas. Why a solution is not a compound?

8. Explain why water is a compound and lemonade a mixture. What is a chemical compound? [*H. S. 1962*]

9. Tabulate the essential differences between a mixture and a compound of iron and sulphur. [*H. S. 1964*]

পদার্থের গঠন : পরমাণু ও অণু

পৃথিবীর বস্তুরাশি কত বিচিত্র ও অগণিত! কিন্তু এই বস্তুরাশির মূলে রহিয়াছে মাত্র বিরানব্বই রকম প্রাকৃতিক মৌলিক পদার্থ। (প্রকৃতিতে চারিটি মৌল পাওয়া যায় না।) এই মৌলিক পদার্থগুলিই পরস্পর যুক্ত হইয়া গড়িয়া তুলিয়াছে বিভিন্ন প্রকারের অজস্র, অগণিত ও বিচিত্র বস্তুরাশি। কিন্তু বিরানব্বই রকম মৌলিক পদার্থ এবং অগণিত যৌগিক ও মিশ্র পদার্থ কিভাবে গঠিত ?

পরমাণু বা অ্যাটম (Atom)

বস্তু কিভাবে গঠিত প্রাচীকালেও এই প্রশ্নটি চিন্তাশীল মনকে আলোড়িত করে। প্রথমে এই প্রশ্নের উত্তর সন্ধান করেন ভারতীয় ঋষি **কণাদ**। তিনি বলেন—প্রতিটি বস্তু অতি সূক্ষ্ম কণিকা দ্বারা গঠিত। তিনি পদার্থের এই অতি সূক্ষ্ম কণিকাগুলির নাম দেন **পরমাণু**। যীশুখ্রীষ্টের জন্মের পাঁচ শতাব্দী আগে **ডিমোক্রিটাস** নামে গ্রীস দেশের এক পণ্ডিতও বলেন যে, পৃথিবীর বস্তুরাশি অতিশয় ক্ষুদ্র পদার্থ কণিকা দ্বারা গঠিত। তিনি এরূপ কণিকার নাম দেন **অ্যাটম**। অ্যাটম শব্দের অর্থ অ-কাট্য অর্থাৎ **অ্যাটম এরূপ ক্ষুদ্র কণিকা যে, কোনভাবেই সেই কণিকাকে আর ভাগ বা খণ্ড করা যায় না।** কণাদের **পরমাণু** এবং ডিমোক্রিটাসের **অ্যাটম** একই বস্তু এবং এরূপ সূক্ষ্মতম অবিভাজ্য পদার্থ কণা অর্থাৎ পরমাণু বা অ্যাটম দ্বারা আমাদের পদার্থ-জগৎ গঠিত।

পরমাণু বা অ্যাটম (Atom) : কোন মৌলিক পদার্থের সূক্ষ্মতম অবিভাজ্য কণা—যাহাতে ইহার সকল ধর্ম বর্তমান থাকে তাহাকে সেই মৌলিক পদার্থের পরমাণু বলা হয়।

অ্যারিস্টটল নামে গ্রীসদেশের আর একজন শ্রেষ্ঠ দার্শনিকের বিরোধিতার ফলে পরমাণু বা অ্যাটমের কল্পনা প্রায় দুই হাজার বৎসর পর্যন্ত চাপা পড়িয়া থাকে। পরমাণুর কল্পনাকে আবার নূতন করিয়া সমর্থন করেন বৃটিশ বিজ্ঞানী **আইজাক**

নিউটন (Isaac Newton) ও আইরিশ বিজ্ঞানী **রবার্ট বয়েল** (Robert Boyle) এবং পরমাণু বা অ্যাটমের কল্পনাকে 1808 খ্রীষ্টাব্দে নূতন করিয়া প্রতিষ্ঠা করেন ম্যাঞ্চেস্টারের প্রকৃতি-বিজ্ঞানের অধ্যাপক **জন ডালটন** (John Dalton)।

পরমাণুর কল্পনাকে ডালটন নতুন আকারে সুস্পষ্টভাবে ব্যাখ্যা করিয়া বলেন :

প্রতিটি মৌলিক পদার্থ অতি সূক্ষ্ম ও অবিভাজ্য পদার্থ কণিকাদ্বারা গঠিত। পদার্থের এরূপ সূক্ষ্মতম অন্তিমকণাই পরমাণু বা অ্যাটম। পরমাণুকে চোখে বা অণুবীক্ষণ যন্ত্র দ্বারা দেখা যায় না। পরমাণু কণিকাকে ভাঙাও যায় না, গড়াও যায় না। বিরানব্বই রকম মৌলিক পদার্থ বিরানব্বই রকম স্বতন্ত্র ধর্মবিশিষ্ট মৌলিক পরমাণুদ্বারা গঠিত।

এক রকম মৌলিক পদার্থের প্রতিটি পরমাণু ওজনে ও ধর্মে সম্পূর্ণরূপে একই প্রকার। কিন্তু বিরানব্বই রকম মৌলিক পদার্থের পরমাণু ওজন ও ধর্মে বিরানব্বই রকম। অর্থাৎ, একটি মৌলিক পদার্থের পরমাণুর ওজন ও ধর্ম অন্য মৌলিক পদার্থের পরমাণুর ওজন ও ধর্ম হইতে পৃথক্।

প্রতিটি অক্সিজেন পরমাণুর ধর্ম এক রকম। প্রতিটি হাইড্রোজেন পরমাণুও ধর্মে একই রকম কিন্তু অক্সিজেনের পরমাণুর সঙ্গে হাইড্রোজেন পরমাণুর মিল নাই। সোনার পরমাণুর সঙ্গে রূপার বা লোহার সঙ্গে তামার পরমাণুর সেইরূপ কোন সাদৃশ্য নাই, কিন্তু প্রতিটি সোনার পরমাণু যেমন পরস্পরে একরকম প্রতিটি লোহার পরমাণুও পরস্পর তেমনি একরকম।

পরমাণুগুলি পরস্পরে সরল সংখ্যায় সংযুক্ত হইয়া যৌগিক পদার্থ বা যৌগ গঠন করে।

ডালটনের এই পরমাণু-কল্পনা রসায়ন-বিজ্ঞানের এক শ্রেষ্ঠ অবদান। এই পরমাণু কল্পনা গ্রহণ করিয়া পরবর্তীকালে পদার্থের গঠন এবং ক্রিয়া-প্রক্রিয়া অনু-ধাবন করা সম্ভব হইয়াছে। ডালটন তাই রসায়ন বিজ্ঞানের অন্যতম পথিকৃৎ।

[ডালটনের পরমাণু তত্ত্ব দ্বিতীয় খণ্ডে বিশদভাবে আলোচনা করা হইয়াছে।]

অণু বা মলিকুল (Molecule)

গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলি সাধারণত এককভাবে বা স্বতন্ত্র অবস্থায় পাওয়া যায় না। কিন্তু ডালটন সে-কথা জানিতেন না। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরমাণুর সংযোগে যে যৌগিক পদার্থ জলের কণিকা গঠিত হয় সেই কণিকাকে কি

বলা হইবে তাহাও ডালটন ঠিক করিয়া বলিতে পারেন নাই। তিনি এরূপ কণার নাম দেন যৌগ-পরমাণু (Compound atom)।

পরমাণুবাদের অসম্পূর্ণতা দূর করেন **আমেদিও অ্যাভোগাড্রো** (Amedeo Avogadro) নামে একজন ইটালীয়ান বিজ্ঞানী। অ্যাভোগাড্রো বলেন, গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থের পরমাণু সাধারণত একক বা স্বতন্ত্র অবস্থায় থাকে না—দুইটি করিয়া পরমাণু একত্র জোট বাঁধিয়া থাকে। প্রকৃতিতে সাধারণত গ্যাসীয় মৌলের এক একটি জোটকে স্বাধীন ভাবে পাওয়া যায়। যৌগ বা যৌগিক পদার্থের কণাগুলিতেও বিভিন্ন মৌলের পরমাণুগুলি এক একটি জোটবদ্ধ অবস্থায় গঠিত থাকে। প্রতিটি যৌগিক পদার্থ বিভিন্ন মৌলের পরমাণু সমূহের জোট বদ্ধ কণারূপে গঠিত থাকে।

বিভিন্ন মৌল বা যৌগ কণারূপে গঠিত পরমাণুর এরূপ জোট বা পুঞ্জের নাম দেন তিনি '**মলিকুল**'। মলিকুল শব্দের অর্থ পুঞ্জ এবং ইহাকে বাংলায় বলা হয় **অণু**।

অণু বা মলিকুল (Molecule): পরমাণু দ্বারা গঠিত কোন মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের স্বাধীন সত্ত্বা এবং নিজস্ব স্বতন্ত্র ধর্ম-বিশিষ্ট ক্ষুদ্রতম কণা যাহাতে সেই পদার্থের সকল ধর্ম বর্তমান থাকে তাহাকে ইহার অণু বা মলিকুল বলা হয়।

পৃথিবীতে অগণিত বস্তুরাশি প্রধানত দুই রকম অণু রূপে গঠিত। অণু বা মলিকুল,—মৌলিক অণু ও যৌগিক অণু—এই দুই ভাবে গঠিত।

মৌলিক অণু

(Elementary Molecule)

মৌলিক অণু (Elementary molecule): একই রকম মৌলিক পদার্থের পরমাণু পরস্পরে যুক্ত হইয়া যে-অণু গঠন করে তাহাকে বলা হয় মৌলিক অণু। মৌলিক পদার্থ হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ক্লোরিন ইত্যাদি এইরূপ অণুরূপে গঠিত। একটি হাইড্রোজেন অণু দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু দ্বারা এবং একটি অক্সিজেন অণুও দুইটি অক্সিজেন পরমাণু দ্বারা গঠিত। এক শ্রেণীর মৌল ছাড়া সাধারণত গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থের অণু বা মলিকুল দুইটি করিয়া পরমাণু দ্বারা গঠিত।

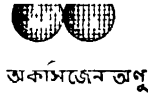
হাইড্রোজেন ------
অক্সিজেন ------
কার্বন --------
নাইট্রোজেন -----
সোডিয়াম -------
ক্লোরিণ --------

পরমাণুর চিহ্ন (অভিবর্ধিত)

একটি হাইড্রোজেন অণু =
দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু (অতিবর্ধিত)

হাইড্রোজেন অণু

একটি অক্সিজেন অণু =
দুইটি অক্সিজেন পরমাণু (অতিবর্ধিত)

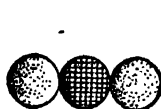
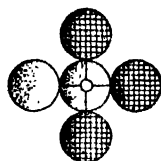
অক্সিজেন অণু

হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ক্লোরিন ইত্যাদি প্রতিটি গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থের মলিকুল বা অণুগুলি দুইটি করিয়া পরমাণু দ্বারা গঠিত।

কার্বন, বোরন, সিলিকন ইত্যাদি অ-ধাতু জাতীয় কঠিন অবস্থায় প্রাপ্ত মৌলিক পদার্থের মলিকুল বা অণুগুলি একটি করিয়া পরমাণু দ্বারা গঠিত। সুতরাং বাস্তবক্ষেত্রে এই সব মৌলিক পদার্থের অণু ও পরমাণুর গঠনে এবং সংজ্ঞায় কোন পার্থক্য নাই। তবুও এরূপ মৌলিক পদার্থের কণিকাগুলিকে রাসায়নিক ক্রিয়ার ক্ষেত্রে পরমাণু বা অ্যাটম না বলিয়া সাধারণত অনেক ক্ষেত্রে অণু বা মলিকুল বলা হয়।

ধাতু-জাতীয় কঠিন অবস্থায় প্রাপ্ত মৌলিক পদার্থের মলিকুল বা অণুগুলি, সাধারণত একটিমাত্র পরমাণু দ্বারা গঠিত। সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, সোনা, রূপা, লোহা, তামা, দস্তা, সীসা, অ্যালুমিনিয়াম ইত্যাদি মৌলিক পদার্থের অণুগুলি শুধু একটি করিয়া পরমাণু দ্বারা গঠিত। সুতরাং ধাতু-জাতীয় মৌলিক পদার্থের ক্ষেত্রেও পরমাণু বা অ্যাটম এবং অণু বা মলিকুলের মধ্যে কোন পার্থক্য নাই। ইহাদের স্বতন্ত্র কণিকাগুলিকেও পরমাণু না বলিয়া সাধারণত রাসায়নিক ক্রিয়ার ক্ষেত্রে অণুই বলা হয়।

যৌগিক অণু
(Compound Molecule)

যৌগিক অণু (Compound molecule) **: দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থের পরমাণু যুক্ত হইয়া যে অণু গঠিত হয় তাহাকে বলা হয় যৌগিক অণু বা কম্পাউণ্ড মলিকুল।**

পৃথিবীর অধিকাংশ বস্তুই যৌগ বা যৌগিক পদার্থ। জল, লবণ, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, সালফিউরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড, সোডা, কার্বন ডাই-অক্সাইড ইত্যাদি অগণিত অজৈব পদার্থ; চাল চিনি, দুধ, ঘি, পেট্রল, রবার ইত্যাদি জৈব পদার্থগুলি যৌগিক অণুদ্বারা গঠিত। যথা:

কয়েকটি যৌগিক অণুর অতি-বর্ধিত চিত্র

জলের অণু—একটি অক্সিজেন পরমাণু+দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু

লবণের অণু—একটি সোডিয়াম পরমাণু+একটি ক্লোরিন পরমাণু

নাইট্রিক অ্যাসিড অণু—একটি হাইড্রোজেন পরমাণু+একটি নাইট্রোজেন পরমাণু+তিনটি অক্সিজেন পরমাণু

কার্বন ডাই-অক্সাইড অণু—একটি কার্বন পরমাণু+দুইটি অক্সিজেন পরমাণু

অ-জৈব পদার্থের মলিকুল বা অণুর গঠন সরল। অ-জৈব পদার্থের সাধারণ অণুগুলি দুই-তিন রকম মৌলিক পদার্থ দ্বারা এবং অল্প-সংখ্যক পরমাণু দ্বারা গঠিত। অ-জৈব যৌগিক পদার্থের অণুর মধ্যে পরমাণুর সংখ্যা সাধারণত বেশী হয় না।

জৈব পদার্থের মলিকুল বা অণুগুলিতে পরমাণুর সংখ্যা অনেক বেশী হইতে পারে। সমস্ত জৈব পদার্থ সাধারণত কার্বন, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন,—মাত্র এই কয়েকটি মৌলিক পদার্থ দ্বারা গঠিত। কোন কোন জৈব যৌগিক পদার্থের এক একটি অণুতে পরমাণুর সংখ্যা কয়েক হাজারও হইতে পারে।

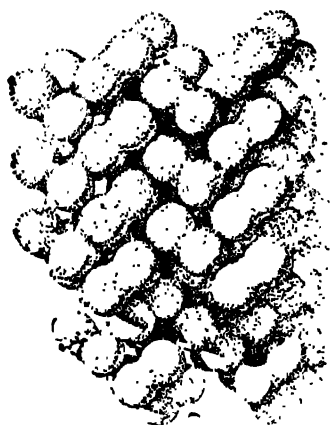
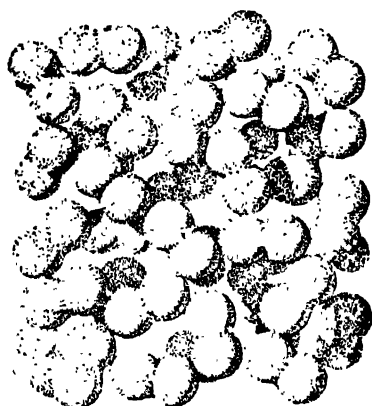
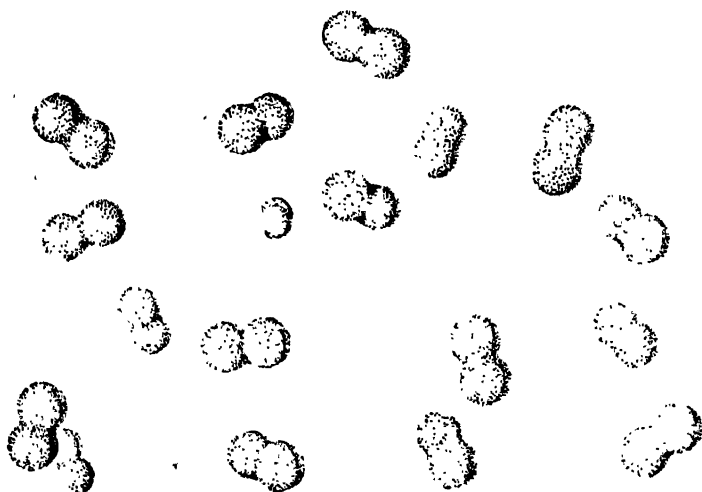
কঠিন পদার্থের মধ্যে অণুগুলি খুব ঘনিষ্ঠভাবে পরস্পরে সম্মিলিত থাকে। তরল পদার্থের মধ্যে অণুগুলি থাকে শিথিলভাবে। গ্যাসীয় পদার্থের মধ্যে অণুগুলি থাকে দূরে দূরে এবং বিচ্ছিন্নভাবে। [পর পৃষ্ঠায় চিত্রগুলি দেখিলে বুঝিতে পারিবে অণুগুলি কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় পদার্থের মধ্যে কিভাবে সম্মিলিত থাকে !]

[পরমাণু ও অণু সম্বন্ধে দ্বিতীয় খণ্ডে বিস্তৃত আলোচনা করা হইয়াছে।]

পরমাণু ও অণুর আকার
(Size of atom and molecule)

প্রথমে পরমাণু ও অণু ছিল বিজ্ঞানীদের কল্পনামাত্র। কিন্তু বহুভাবে এবং বহু পরীক্ষায় প্রথমে পরোক্ষভাবে অণু ও পরমাণুর কল্পনা সত্য বলিয়া প্রমাণিত হইয়াছে। অণু ও পরমাণু কণা আকারে এত ক্ষুদ্র যে চোখে দেখা তো দূরের কথা, ক্ষমতাশালী অণুবীক্ষণ যন্ত্রেও অণু ও পরমাণু দেখা সম্ভব নয়। কিন্তু কিছুদিন আগে নূতন ধরনের ইলেকট্রনিক অণুবীক্ষণ দ্বারা অণুর ফটো তোলা সম্ভব হইয়াছে। 1957 সালে যৌলিক পদার্থ টাংস্টেনের পরমাণুর ফটোও তোলা সম্ভব হইয়াছে। (টাংস্টেন পরমাণু চিত্র দেখ)। অণুর ফটো পরমাণুর আগেই বিজ্ঞানীরা তুলিতে সক্ষম হইয়াছেন। (জৈব জাতীয় যৌগিক পদার্থ প্রোটিন অণুর চিত্র দেখ। অণু ও পরমাণু এখন তাই ফটোতে গৃহীত চোখে দেখা বাস্তব সত্য। বিজ্ঞানীর কল্পনা যে কিরূপ অভ্রান্ত সত্য হইতে পারে অণু ও পরমাণুর বাস্তব অস্তিত্বের সন্ধান তার অতুলনীয় নিদর্শন।

যদি পৃথিবীর প্রতিটি মানুষকে কিছু সোনার পরমাণু দান করিতে চাও তবে সেজন্য কত পরিমাণ সোনার দরকার ? একটি আলপিনের মুখের মাপে এক রেণু-পরিমাণ সোনা লও। এই আলপিনের মুখের পরিমাণ সোনার রেণুটিতে যত সংখ্যক সোনার পরমাণু আছে তাহা যদি পৃথিবীর সকল মানুষকে সমান ভাবে ভাগ করিয়া দেওয়া যায় তবে প্রতিটি ব্যক্তি পাইবে প্রায় 2000,000,000 অর্থাৎ মোট দুই শত কোটি সোনার পরমাণু। যদি এরূপ কোন ম্যাজিক-অণুবীক্ষণ যন্ত্র পাওয়া যায়, তবে দেখা যাইবে যে, এক গ্রাম অঙ্গারে সাজান আছে, 500,000,000,000,-000,000,000,000-টি কার্বনের পরমাণু। এরূপ উদাহরণ হইতেই বুঝিতে পার যে পরমাণুর আকার কত ক্ষুদ্র !

কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় আইয়োডিন অণুর সমাবেশ
(অতিবর্ধিত চিত্র)

গ্যাসীয় অবস্থা

অণু আকারে পরমাণুর চেয়ে বড় বটে কিন্তু অণুও আকারে অতি ক্ষুদ্র। হোমিও-প্যাথি ঔষধের ছোট শিশির এক শিশি জলে যত অণুকণা আছে তার সংখ্যা গুণিতে

কতদিন লাগিবে ? প্রতি সেকেণ্ডে যদি দশটি করিয়া অণু গুণিতে পারা যায় তবে এক শিশি জলের সমস্ত অণুর সংখ্যা গুণিতে সময় লাগিবে, তিন লক্ষ বৎসর।

পরমাণু ও অণুর ওজন বা গুরুত্ব
(Atomic weight and Molecular weight)

পরমাণু অতি সূক্ষ্ম পদার্থকণা বলিয়া পরমাণুর ওজন খুবই কম। পরমাণুর ওজন এত কম যে প্রত্যক্ষভাবে উহার ওজন বা গুরুত্ব মাপা সম্ভব নয়। কিন্তু বিজ্ঞানীরা পরোক্ষভাবে, পরমাণু-কণার ওজন মাপিতে সক্ষম হইয়াছেন। হাইড্রোজেন সবচেয়ে হাল্‌কা মৌলিক পদার্থ এবং ইয়ুরেনিয়াম সবচেয়ে ভারী মৌলিক পদার্থ। ইহাদের একটি পরমাণুর ওজন :

একটি হাইড্রোজেন

$$\text{পরমাণুর ওজন} = \frac{167}{100,000,000,000,000,000,000,000,000} \text{ গ্রাম}$$

একটি ইউরেনিয়াম

$$\text{পরমাণুর ওজন} = \frac{395}{100,000,000,000,000,000,000,000} \text{ গ্রাম}$$

রাসায়নিক গণনায় পরমাণু ও অণুর ওজন জানা প্রয়োজন ; কিন্তু পরমাণুর নগণ্য ওজন লইয়া গণনা করা সহজ নয়। রাসায়নিক গণনাকে সহজ ও সরল করিবার উদ্দেশ্যে পরমাণুর সঠিক ওজন না ধরিয়া কাল্পনিক ওজন ধরিয়া বিভিন্ন পরমাণুর তুলনামূলক ওজন স্থির করা হয়।

হাইড্রোজেন সবচেয়ে হাল্‌কা পদার্থ। একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন ধরা হয়—এক। ইহাই হাইড্রোজেনের কাল্পনিক পারমাণবিক ওজন। একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর তুলনায় অন্যান্য মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলি কত গুণ ভারী সেই তুলনামূলক সংখ্যাকে সেই মৌলিক পদার্থের পরমাণুগুলির ওজন বলিয়া ধরা হয়। একটি অক্‌সিজেন পরমাণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণু হইতে 16 গুণ ভারী। যেহেতু একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন=1, সেই হেতু একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজন হইবে—16 ; সেইরূপ একটি হাইড্রোজেন পরমাণু হইতে কার্বন পরমাণু 12 গুণ, সোডিয়াম 23 গুণ, ক্লোরিন

পরমাণু 35·5 গুণ ভারী। তাই, কার্বনের পারমাণবিক ওজন ধরা হয় 12, সোডিয়ামের 23, এবং ক্লোরিনের 35·5.

পারমাণবিক ওজন (Atomic weight) : একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর তুলনায় অন্য কোন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণু ওজন যতগুণ ভারী, সেই তুলনামূলক সংখ্যাকে বলা হয় সেই মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্ব বা ওজন তথা অ্যাটমিক ওয়েট।

[অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 16 ধরিয়া অন্য মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের পদ্ধতি তৃতীয় ভাগে আলোচনা করা হইয়াছে। প্রাথমিক পর্যায়ে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 'এক' ধরিয়া অন্যান্য মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন নির্ণয়-পদ্ধতি ছাত্রদের পক্ষে সহজবোধ্য হইবে।]

মৌলিক পদার্থের পরমাণুর ওজন বলিতে সেই পদার্থের পরমাণুর যথার্থ ওজন বুঝায় না—বুঝায় হাইড্রোজেন পরমাণুর চেয়ে কতগুণ ভারী তার তুলনামূলক সংখ্যা। তাই, কোন মৌলিক পদার্থের পরমাণুর ওজনের অর্থ হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে সেই পদার্থের পরমাণুর ওজনের তুলনামূলক সংখ্যা। যেহেতু পারমাণবিক ওজন শুধু একটি তুলনামূলক সংখ্যা,—তাই, এই সংখ্যা গ্রাম বা কোন ওজন হিসাবে লেখা হয় না,—শুধু সংখ্যাটি লেখা হয়। যথা :

পারমাণবিক গুরুত্ব বা ওজন (At. wt.)	ইহার অর্থ ওজন হিসাবে
কার্বন—12 ;	একটি কার্বন পরমাণু 12টি হাইড্রোজেন পরমাণুর সম-ওজন
অক্সিজেন—16 ;	একটি অক্সিজেন পরমাণু 16টি ... .
সোডিয়াম—23 ;	একটি সোডিয়াম পরমাণু 23টি ... ...
লোহা—56 ;	একটি লোহার পরমাণু 56টি ... ...
রূপা—108 ;	একটি রূপার পরমাণু 108টি ... ...
ইয়ুরেনিয়াম—238 ;	একটি ইয়ুরেনিয়ামের পরমাণু 238টি ... ...

কয়েকটি পরিচিত মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন

নাম	পারমাণবিক ওজন (At. wt.)	নাম	পারমাণবিক ওজন (At. wt.)
হাইড্রোজেন	1	লোহা বা আয়রন	56
কার্বন	12	তামা বা কপার	63·5
নাইট্রোজেন	14	দস্তা বা জিংক	65·3
অক্সিজেন	16	ব্রোমিন	80
সোডিয়াম	23	রূপা বা সিলভার	108
ম্যাগনেসিয়াম	24	টিন	119
অ্যালুমিনিয়াম	27	আইয়োডিন	127
সিলিকন	28	প্লাটিনাম	195
ফসফরাস	31	সোনা বা গোল্ড	197
সালফার বা গন্ধক	32	পারদ বা মার্করী	200·6
ক্লোরিন	35·5	সীসা বা লেড	207
পটাসিয়াম	39	রেডিয়াম	226
ক্যালসিয়াম	40	থোরিয়াম	232
ম্যাঙ্গানীজ	55	ইউরেনিয়াম	238

আণবিক ওজন (Molecular weight)

অণু গঠিত হয় পরমাণুর সংযোগে। সুতরাং একটি অণুতে যতটি পরমাণু আছে সেই পরমাণুর সম্মিলিত ওজনই একটি অণুর ওজন।

একটি জলের অণু দুইটি হাইড্রোজেন ও একটি অক্সিজেন পরমাণু দ্বারা গঠিত। সুতরাং জলের আণবিক ওজন হইবে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি অক্সিজেন পরমাণু সম্মিলিত ওজন। যথা :

একটি হাইড্রোজেন পরমাণু ওজন $=1$ এবং একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজন $=16$

সুতরাং **জলের আণবিক ওজন** $=2\times1+16=18$

একটি লবণের অণু $=1$ সোডিয়াম পরমাণু $+\,1$ ক্লোরিন পরমাণু

সুতরাং **লবণের আণবিক ওজন** $=23+35{\cdot}5=58{\cdot}5$

একটি নাইট্রিক অ্যাসিড অণু = 1 হাইড্রোজেন পরমাণু + 1 নাইট্রোজেন পরমাণু + 3 অক্সিজেন পরমাণু

সুতরাং **নাইট্রিক অ্যাসিডের আণবিক ওজন** $= 1 + 14 + 3 \times 16 = 63$

একটি সালফিউরিক অ্যাসিড অণুর ওজন = 2টি হাইড্রোজেন পরমাণু + 1 সালফার পরমাণু + 4টি অক্সিজেন পরমাণুর সমান $= 2 + 32 + 64 = 98$

আণবিক ওজন (Molecular weight) **: একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর তুলনায় কোন মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের একটি অণু যত গুণ ভারী, সেই তুলনামূলক সংখ্যাকে ঐ পদার্থের আণবিক ওজন বা মলিকুলার ওয়েট বলা হয়। অর্থাৎ একটি অণু যে সকল পরমাণু দ্বারা গঠিত তাহাদের সংযুক্ত ওজনই সেই অণুটির ওজন বা উহার আণবিক ওজন।**

পরমাণুর ওজন বলিতে বুঝা যায় হাইড্রোজেনের তুলনামূলক ওজন এবং আণবিক ওজন আবার পরমাণুর সম্মিলিত ওজন। সুতরাং **আণবিক ওজনও হাইড্রোজেনের তুলকামূলক ওজন**। জলের আণবিক ওজন = 18 ; ইহার অর্থ একটি জলের অণু 18টি হাইড্রোজেন পরমাণুর সমান ভারী। যথা :

লবণের আণবিক ওজন = 58·5 ; অর্থাৎ, **একটি লবণের অণুর ওজন** = একটি সোডিয়াম পরমাণুর ওজন (23) + একটি ক্লোরিন পরমাণুর ওজন (35·5) = 58·5টি হাইড্রোজেন পরমাণুর সমান ওজন।

সেইরূপ, **নাইট্রোজেনের আণবিক ওজন** = দুইটি নাইট্রোজেন পরমাণুর ওজন = একটি নাইট্রোজেন পরমাণুর ওজন + একটি নাইট্রোজেন পরমাণুর ওজন = 14টি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন + 14টি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন = 28টি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন = 28

একটি কস্টিক সোডা অণু = একটি সোডিয়াম পরমাণু + একটি অক্সিজেন পরমাণু + একটি হাইড্রোজন পরমাণু $= 23 + 16 + 1 = 40$ হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজনের সমান।

গ্রাম-পরমাণু বা গ্রাম-পারমাণবিক ওজন (Gram-atom or Gram atomic weight) **: কোন মৌলের পরমাণুর ওজন গ্রাম হিসাবে প্রকাশ করা হইলে তাহাকে গ্রাম-পারমাণবিক ওজন বা গ্রাম পরমাণু বলা হয়।**

অক্‌সিজেনের গ্রাম-পরমাণু বা গ্রাম-পারমাণবিক ওজন 16 গ্রাম, সোডিয়ামের 23 গ্রাম, লোহার 56 গ্রাম, ইত্যাদি।

গ্রাম-অণু বা গ্রাম আণবিক ওজন (Gram molecule বা Gram molecular weight) : কোন মৌল বা যৌগের অণুর ওজন গ্রাম হিসাবে প্রকাশ করা হইলে তাহাকে গ্রাম-অণু বা গ্রাম-আণবিক ওজন বলা হয়।

জলের গ্রাম-অণু বা গ্রাম-আণবিক ওজন 18 গ্রাম, লবণের 58·5 গ্রাম, নাইট্রিক অ্যাসিডের 93 গ্রাম ইত্যাদি।

গ্রাম-পরমাণু বা গ্রাম-পারমাণবিক ওজন কোন মৌলের একটি পরমাণুর যথার্থ ওজন বুঝায় না। সেইরূপ কোন একটি যৌগের গ্রাম অণু বা গ্রাম আণবিক ওজন সেই অণুর যথার্থ ওজন বুঝায় না। বস্তুর একটি গ্রাম পরমাণু বা গ্রাম পারমাণবিক ওজন অগণিত পরমাণুর সমষ্টিগত ওজন। সেইরূপ একটি গ্রাম অণু বা গ্রাম আণবিক ওজন অগণিত অণুর সমষ্টিগত ওজন। গ্রাম হিসাবে পরমাণু বা অণুর ওজন অনেক ক্ষেত্রে প্রকাশ করা হয় রাসায়নিক দ্রব্যের ওজন করার ক্ষেত্রে ব্যবহারিক সুবিধার জন্য।

যে কোন মৌলের এক গ্রাম পরমাণু অথবা যে কোন যৌগের এক গ্রাম অণুতে প্রাপ্ত পরমাণু বা অণুর সংখ্যা হইবে $6 \cdot 023 \times 10^{23}$.

[গ্রাম পরমাণু ও গ্রাম-অণু সম্বন্ধে দ্বিতীয় ও তৃতীয় ভাগে বিস্তৃত আলোচনা করা হইয়াছে।]

[আণবিক ওজন সম্বন্ধে ২য় ও ৩য় ভাগে বিস্তৃত আলোচনা করা হইয়াছে।]

পরমাণু ও অণুর তুলনা

(Atom and Molecule)

পরমাণু (Atom)	**অণু** (Molecule)
1. মৌলিক পদার্থের 'ক্ষুদ্রতম' অবিভাজ্য কণার নাম পরমাণু বা অ্যাটম।	1. মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের স্বতন্ত্রধর্মী ক্ষুদ্রতম কণার নাম অণু বা মলিকুল।

পরমাণু (Atom)	অণু (Molecule)
2. পরমাণু সাধারণত স্বতন্ত্র বা মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না—পাওয়া যায় অণুর মধ্যে জোটবদ্ধ অবস্থায়। [কিন্তু হিলিয়াম, নিয়ন, আরগন-জাতীয় নিষ্ক্রিয় মৌলের অথবা সোডিয়াম, পটাসিয়াম জাতীয় ধাতব মৌলের পরমাণুগুলি মুক্ত বা স্বতন্ত্র অবস্থায় পাওয়া যায়।]	2. মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের অণুগুলি প্রকৃতিতে স্বতন্ত্র বা মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়।
3. পরমাণুর মধ্যে মৌলের সকল ধর্ম বর্তমান থাকে এবং একই মৌলের সকল পরমাণু ধর্মে ও ওজনে একরকম।	3. অণুর মধ্যে যৌগের তথা পদার্থের সকল ধর্ম বর্তমান থাকে। তাই একই যৌগের সকল অণু ধর্মে ও ওজনে একপ্রকার।
4. পরমাণু সর্বদা একক কণারূপে গঠিত। তাই, 92 রকম মৌলিক পদার্থের পরমাণুও 92 রকম।	4. অণু গঠিত হয় সাধারণত একাধিক পরমাণু কণার সমবায়ে। অণুর গঠন দুই রকম। একই রকম মৌলিক পদার্থের পরমাণু দ্বারা গঠিত অণুর নাম মৌলিক অণু। যথা: হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, সোনা ইত্যাদির অণু। একাধিক রকম বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণু দ্বারা গঠিত অণুর নাম যৌগিক অণু। যথা: জল, লবণ, সোডা, প্রোটিন অণু ইত্যাদি। সোনা, রূপা, তামা, কার্বন, ইত্যাদি জাতীয় মৌলিক পদার্থের অণু একটিমাত্র পরমাণু দ্বারা গঠিত।
5. প্রকৃতিতে মাত্র 92 রকম মৌলিক পদার্থের 92 রকম ভিন্নধর্মী পরমাণু পাওয়া যায়।	5. বিভিন্ন পরমাণুর সমবায়ে নানাভাবে যৌগিক অণুর গঠন সম্ভব বলিয়া পৃথিবীতে লক্ষ লক্ষ বিভিন্ন রকম যৌগিক অণু পাওয়া যায়।

পরমাণু (Atom)	অণু (Molecule)
6. পরমাণুকে খণ্ড করা যায় না।	6. অণুকে খণ্ড করা যায়। একক পরমাণু দ্বারা গঠিত অণু অখণ্ডনীয়।
7. ডালটনের তত্ত্ব অনুযায়ী পরমাণু ভাঙ্গা বা গড়া যায় না। কিন্তু বর্তমানে পরমাণু ভাঙ্গা বা গড়া সম্ভব।]	7. অণুর গঠন, ভঙ্গন এবং পুনর্গঠন সম্ভব। অণুর এরূপ ভাঙ্গাগড়ার অর্থই রাসায়নিক বিক্রিয়া বা পরিবর্তন।
8. পরমাণু প্রথম একটি কল্পনা মাত্র ছিল। কিন্তু এখন বাস্তব পরীক্ষায় এবং ফটোর আকারে পরমাণুর কল্পনা বাস্তব সত্য বলিয়া প্রমাণিত হইয়াছে।	8. অণুও প্রথমে কল্পনামাত্র ছিল। কিন্তু এখন বাস্তব পরীক্ষায় এবং ফটোর আকারে অণুর কল্পনাও বাস্তব সত্য বলিয়া প্রমাণিত হইয়াছে।
9. একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর তুলনায় অন্য কোন মৌলিক পদার্থের পরমাণুর যে ওজন তাহাই সেই পদার্থের পারমাণবিক ওজন।	9. যে কয়েকটি পরমাণু দ্বারা একটি অণু গঠিত সেই পরমাণু কয়টির সংযুক্ত ওজনই আণবিক ওজন। আণবিক ওজনও মূল অর্থে হাইড্রোজেন পরমাণুর তুলনামূলক ওজন।

Questions to be discussed

1. Define atom. Give a simple description of Dalton's concept of atom.

2. What is a molecule ? Define and illustrate elementary molecule and compound molecule.

3. Gold, Salt, Sugar, Copper, Chalk, Nitrogen, Diamond, Petrol, Ozone, Lime, Chlorine, Charcoal, Copper Sulphate, Sulphur, Rust, Steel, Hydrochloric acid—classify these substances into elementary and compound molecules.

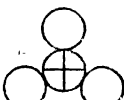
4. What do you understand by atomic weight and molecular weight ? How molecular weight is related to atomic weight ? Explain with illustration.

5. What do you understand by the terms Atom and Molecule ?
[*H. S. Exam. 1960*]

Gram molecule or Gram molecular weight, Gram atom.
[*H. S. Exam. 1961, '63, '64* (comp.)

প্রতীক-চিহ্ন ও ফর্মুলা

সাধারণত মৌলিক পদার্থের পরিচয় দেওয়া হয় নাম লিখিয়া। সাংকেতিক চিহ্ন বা সিম্‌বল্ (symbol) দ্বারাও সংক্ষেপে মৌলিক পদার্থের পরিচয় দেওয়া যায়।

প্রাচীনকালে গ্রীস এবং মধ্যযুগে অ্যালকেমিস্টরা সাংকেতিক চিত্রে বিভিন্ন পদার্থের যে পরিচয় দিতেন তাহার কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল।

প্রাচীনকালের এইরূপ জটিল চিহ্নের বদলে বিজ্ঞানী ডালটন বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণু-কণার সাংকেতিক পরিচয় দেওয়ার জন্য নূতন ধরনের সরল প্রতীক-চিহ্ন প্রবর্তন করার চেষ্টা করেন। তিনি বিভিন্ন মৌলিক

পদার্থের পরমাণুর প্রতীক-চিহ্ন স্থির করেন গোলাকার কণা রূপে। ডালটন যে-ভাবে প্রতীক-চিহ্ন স্থির করেন তাহার কয়েকটি উদাহরণ :

মৌলিক পদার্থের এরূপ চিহ্ন গ্রহণ করিয়া ডালটন এইভাবে যৌগিক পদার্থের সাংকেতিক চিহ্ন প্রবর্তন করেন :

ডালটনের চিহ্নও বেশ জটিল। বিরানব্বই রকম মৌলিক পদার্থের জন্য এরূপ বিরানব্বইটি পরমাণুর প্রতীক-চিহ্ন স্থির করা ও মনে রাখা সহজ নয়। এইভাবে বিভিন্ন পরমাণুর সম্মেলনে বিভিন্ন অণুর জটিল চিহ্ন গঠন করাও কষ্টকর। মৌলিক পদার্থের প্রতীক-চিহ্ন লিখিবার একটি সহজ উপায় আবিষ্কার করেন **সুইডিস বিজ্ঞানী বার্জিলাস** (Berzelius)। বার্জিলাসের প্রতীক চিহ্ন দ্বারা রাসায়নিক ক্রিয়া ও প্রক্রিয়া লেখা ও বুঝা অনেক সহজ হইয়াছে। বস্তুত রসায়নের প্রগতির কাজে বার্জিলাসের প্রতীক-চিহ্ন অবিস্মরণীয় অবদান।

সিম্বল্ বা প্রতীক-চিহ্ন (Symbol) : কোন মৌলিক পদার্থের ল্যাটিন নামের আদি অক্ষরের সাহায্যে রচিত সেই মৌলের একটি পরমাণুর প্রতীকাত্মক সংক্ষিপ্ত পরিচয়কে বলা হয় তাহার প্রতীক চিহ্ন বা সিম্বল্।

মৌলিক পদার্থের ল্যাটিন ভাষায় লেখা নামের প্রথম অক্ষরটিকে সেই পদার্থের প্রতীক-চিহ্নরূপে ব্যবহার করেন **বিজ্ঞানী বার্জিলাস**। যেমন,—Hydrogen—H ; যদি দুই-তিনটি মৌলিক পদার্থের নামের প্রথম 'C' থাকে তবে একটিকে শুধু 'C' অক্ষরে এবং অন্য পদার্থকে সেই পদার্থের নামের আদি অক্ষরের সঙ্গে অপর একটি অক্ষর যুক্ত করিয়া সম্বল্‌ লিখিবার ব্যবস্থা করেন। Carbon, Calcium ও Cuprum (Copper বা তামা)—এই মৌলিক পদার্থ তিনটির-প্রতীক-চিহ্ন লেখেন তিনি : Carbon—C, Calcium—Ca, Cuprum (Copper)—Cu ; অনেক মৌলিক পদার্থের প্রতীক-চিহ্ন লেখা হয় সেই পদার্থের ল্যাটিন নামের প্রথম অক্ষর ব্যবহার করিয়া। সোনার ইংরাজী নাম গোল্ড কিন্তু ল্যাটিন নাম Aurum ;—তাই সোনার প্রতীকচিহ্ন—Au, রূপার ইংরাজী নাম সিলভার কিন্তু ল্যাটিন নাম—Argentum, তাই প্রতীক চিহ্ন—Ag ; বার্জিলাসের প্রতীক-চিহ্নই রসায়ন-বিজ্ঞানে গ্রহণ করা হয়। নীচে কয়েকটি মৌলিক পদার্থের নাম ও প্রতীক-চিহ্ন ও পারমাণবিক ওজন দেওয়া হইল :

বাংলায় লিখিত নাম	ইংরাজীতে লিখিত নাম	ল্যাটিন নাম	প্রতীক চিহ্ন (Symbol)	পারমাণবিক ওজন (At. wt.)
হাইড্রোজেন	Hydrogen		H	1
অঙ্গার (কার্বন)	Carbon		C	12
নাইট্রোজেন	Nitrogen		N	14
অক্সিজেন	Oxygen		O	16
ফ্লোরিন	Fluorine		F	19
সোডিয়াম	Sodium	Natrum	Na	23
ম্যাগনেসিয়াম	Magnesium		Mg	24
অ্যালুমিনিয়াম	Aluminium		Al	27
ফসফরাস	Phosphorus		P	31
গন্ধক	Sulphur		S	32
ক্লোরিন	Chlorine		Cl	35·5
পটাসিয়াম	Potassium	Kalium	K	39

বাংলায় লিখিত নাম	ইংরাজীতে লিখিত নাম	ল্যাটিন নাম	প্রতীক চিহ্ন (Symbol)	পারমাণবিক ওজন (At. wt.)
ক্যালসিয়াম	Calcium		Ca	40
লোহা	Iron	Ferrum	Fe	56
তামা	Copper	Cuprum	Cu	63·5
দস্তা	Zinc		Zn	65·4
ব্রোমিন	Bromine		Br	80
টিন	Tin	Stannum	Sn	118·8
আইয়োডিন	Iodine		I	127
পারদ	Mercury	Hydrargyum	Hg	200
সীসা	Lead	Plumbum	Pb	207
রেডিয়াম	Radium		Ra	226
ইউরেনিয়াম	Uranium		U	238

কোন মৌলিক পদার্থের প্রতীক-চিহ্ন দ্বারা সেই পদার্থের নাম এবং পরমাণুর পরিচয় ও সংখ্যা বুঝায়। যেমন, H—এই প্রতীক চিহ্ন দ্বারা বুঝায় মৌলিক পদার্থ হাইড্রোজেন এবং হাইড্রোজেনের একটি পরমাণু। Fe—এই প্রতীক চিহ্নের অর্থ লোহার একটি পরমাণু, Na—সোডিয়ামের একটি পরমাণু ইত্যাদি। 2Na—ইহার অর্থ দুইটি সোডিয়াম পরমাণু। 3Fe—ইহার অর্থ তিনটি লোহার পরমাণু।

সংকেত বা ফর্মুলা (Formula)

মৌলিক ও যৌগিক—দুই রকম অণুই গঠিত হয় পরমাণুর সম্মিলনরূপে। তাই পরমাণুর চিহ্ন পর পর লিখিয়া অণুর প্রতীক-চিহ্নও সাংকেতিকভাবে লেখা যায়।

সংকেত বা আণবিক সংকেত অথবা ফর্মুলা বা আণবিক ফর্মুলা (Formula বা Molecular Formula) ঃ যে-কোন পদার্থের একটি অণু এক বা একাধিক মৌলের যে কয়টি পরমাণু দ্বারা গঠিত তাহাদের সিমবল বা প্রতীক-চিহ্ন সংযুক্তভাবে সাজাইয়া সেই পদার্থের অণু বা মলিকুলের যে গঠনগত সংকেতিক পরিচয় দেওয়া হয় তাহাকে

সেই পদার্থের সংকেত বা ফর্মুলা অথবা আণবিক সংকেত বা আণবিক ফর্মুলা বলা হয়।

এরূপ ফর্মুলাকে রাসায়নিক ফর্মুলাও (chemical formula) বলা হয়। ফর্মুলার আগে সংখ্যা লিখিয়া অণুর সংখ্যাও প্রকাশ করা যায়।

মৌলিক অণুর ফর্মুলা

(Molecular or Chemical Formula of Elementary Molecule)

মৌলিক অণুর গঠন	একটি অণুর ফর্মুলা	একাধিক অণুর ফর্মুলা
একটি হাইড্রোজেন অণু= 2টি হাইড্রোজেন পরমাণু →	H_2	একটি হাইড্রোজেন অণু=H_2 2টি হাইড্রোজেন অণু=$2H_2$
একটি অক্সিজেন অণু= 2টি অক্সিজেনের পরমাণু →	O_2	2টি অক্সিজেন অণু=$2O_2$ 4টি অক্সিজেন অণু=$4O_2$
একটি তামার অণু= একটি তামার পরমাণু →	Cu	2টি তামার অণু=2Cu 5টি তামার অণু=5Cu
একটি লোহার অণু= একটি লোহার পরমাণু →	Fe	2টি লোহার অণু=2Fe 3টি লোহার অণু=3Fe

মৌলিক অণুতে যতটি পরমাণু থাকে তাহার সংখ্যা লিখিতে হয় পরমাণুর প্রতীক-চিহ্নের ডাইনে ও নীচে কোণাকোণিভাবে এবং অণুর সংখ্যা প্রতীক-চিহ্নের সামনে অর্থাৎ বামে এবং পাশাপাশিভাবে লিখিতে হয়।

হাইড্রোজেন অণুর ফর্মুলা কখনও H+H, 2H, H^2 বা $_2H$—এরূপভাবে লেখা হয় না,—লিখিতে হয় H_2 এবং একাধিক সংখ্যার অণুর ফর্মুলা লিখিবার রীতি—$2H_2$, $3H_2$, $3O_2$, 5Fe, 3Cu, ইত্যাদি।

যৌগিক অণুর ফর্মুলা

(Molecular or Chemical Formula of compound molecule)

যে সমস্ত মৌলিক পদার্থের পরমাণু দ্বারা যৌগিক পদার্থের অণু গঠিত সেই সমস্ত পরমাণুর প্রতীক-চিহ্ন সংখ্যাসহ পরপর লিখিতে হয়। কোন একটি মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সংখ্যা যদি একাধিক হয় তবে পরমাণুর প্রতীক-চিহ্নের পুর্ব-দক্ষিণ কোণে সেই পরমাণুর মোট সংখ্যাটি লিখিতে হয়। জল দুইটি

হাইড্রোজেন ও একটি অক্সিজেন পরমাণু দ্বারা গঠিত। তাই ফর্মুলা লিখিবার সময়ে প্রথমে হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেন পরমাণুর প্রতীক-চিহ্ন লিখিতে হইবে এবং হাইড্রোজেনের প্রতীক-চিহ্নের ডাইনে ও নীচে 2 সংখ্যাটি লিখিতে হইবে। সুতরাং জলের ফর্মুলা হইবে—H_2O ; ইহা কখনো H^2O বা $_2HO$ বা HHO—হইবে না।

সিম্বলের ক্রম নির্ণয়: (i) যে যৌগিক পদার্থের অণু শুধু ধাতু ও অ-ধাতুর দ্বারা গঠিত সেই অণুর ফর্মুলায় ধাতুজাতীয় মৌলিক পদার্থের প্রতীক-চিহ্ন আগে লিখিতে হয়। হাইড্রোজেন অ-ধাতু হইয়াও ধাতুর মত ব্যবহার করে। তাই জলের ফর্মুলায় হাইড্রোজেনের প্রতীক-চিহ্ন আগে বসে।

(ii) যদি দুইটি পদার্থই অ-ধাতু হয় তবে যে মৌলটি অপরটির তুলনায় অধিকতর নেগেটিভ বিদ্যুৎধর্মী সেই মৌলের পরমাণু-চিহ্নটি পরে বসে। যেমন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন দ্বারা গঠিত নাইট্রিক অক্সাইড অণু—NO ; সালফার ও অক্সিজেন দ্বারা গঠিত অণু সালফার ডাই-অক্সাইড—SO_2, ইত্যাদি।

(iii) দুইটি অ-ধাতু দ্বারা গঠিত যৌগিক পদার্থের মধ্যে যদি একটি অ-ধাতু স্বাভাবিক অবস্থায় কঠিন হয় তবে ইহার প্রতীক চিহ্ন আগে বসে। যথা: কার্বন ডাই-অক্সাইড—CO_2, সালফার ডাই-অক্সাইড—SO_2, ইত্যাদি।

(iv) দুইটি অ-ধাতু দ্বারা গঠিত অ্যামোনিয়ার অণু একটি নাইট্রোজেন ও তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু দ্বারা গঠিত এবং এরূপ যৌগিক পদার্থে নাইট্রোজেন মূল পদার্থ। তাই, অ্যামোনিয়ার ফর্মুলা—NH_3 ; কয়েকটি যৌগিক পদার্থের তথা যৌগিক অণুর ফর্মুলা:

যৌগিক পদার্থের নাম	অণুর গঠন	ফর্মুলা
ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড ...	একটি Mg-পরমাণু + একটি O-পরমাণু	MgO
সোডিয়াম ক্লোরাইড ...	একটি Na-পরমাণু + একটি Cl-পরমাণু	NaCl
মারকিউরিক অক্সাইড ...	একটি Hg-পরমাণু + একটি O-পরমাণু	HgO
কপার অক্সাইড ..	একটি Cu-পরমাণু + একটি O-পরমাণু	CuO
কার্বন মনোক্সাইড ...	একটি C-পরমাণু + একটি O-পরমাণু	CO
কার্বন ডাই-অক্সাইড ...	একটি C-পরমাণু + দুইটি O-পরমাণু	CO_2
হাইড্রোজেন সালফাইড ...	দুইটি H-পরমাণু + একটি S-পরমাণু	H_2S

যৌগিক পদার্থের ফর্মুলার দ্বারা সেই পদার্থের পরিচয় পাওয়া যায় এবং উহার অন্তর্গত পরমাণুগুলিরও পরিচয় ও সংখ্যা জানা যায়। ফর্মুলার পূর্বে সংখ্যা বসাইয়া অণুর মোট সংখ্যার পরিচয় দেওয়া যায়। যেমন,

CuO—ইহার অর্থ একটি তামার অক্সাইডের অণু; $2H_2O$—ইহার অর্থ দুইটি জলের অণু; 5NaCl—ইহার অর্থ পাঁচটি লবণ-অণু, ইত্যাদি।

হাইড্রোক্লোরিক, নাইট্রিক ও সালফিউরিক অ্যাসিড কয়েকটি সুপরিচিত অ্যাসিড। এই অ্যাসিড কয়েকটি ফর্মুলায় লেখা যায় এইভাবে :

কয়েকটি অ্যাসিডের ফর্মুলা

অ্যাসিডের নাম	অ্যাসিড অণুর গঠন	ফর্মুলা
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড	একটি H-পরমাণু+একটি Cl-পরমাণু	HCl
নাইট্রিক অ্যাসিড	একটি H-পরমাণু+একটি N-পরমাণু+তিনটি O-পরমাণু	HNO_3
সালফিউরিক অ্যাসিড	দুইটি H-পরমাণু+একটি S-পরমাণু+চারিটি O পরমাণু	H_2SO_4

কয়েকটি ক্ষারের ফর্মুলা

ক্ষারের নাম	ক্ষার অণুর গঠন	ফর্মুলা
কষ্টিক সোডা	একটি Na-পরমাণু+একটি OH-মূলক	NaOH
কষ্টিক পটাস	একটি K-পরমাণু+একটি OH-মূলক	KOH

[কয়েকটি পরমাণু একত্র জোটবদ্ধ হইয়া একটি পরমাণুর ন্যায় ব্যবহার করিলে সেই পরমাণু জোটকে বলা হয় মূলক (Radical): যথা OH, SO_4, CO_3 ইত্যাদি। পরে বিস্তৃতভাবে আলোচিত হইয়াছে।]

কয়েকটি ধাতব লবণ অণুর ফর্মুলা

লবণের নাম	অণুর গঠন	ফর্মুলা
পটাসিয়াম নাইট্রেট	একটি K-পরমাণু+একটি NO_3-মূলক	KNO_3
তুঁতে বা কপার সালফেট	এক Cu-পরমাণু+একটি SO_4-মূলক	$CuSO_4$
মার্বেল পাথর বা ক্যালসিয়াম কার্বনেট	একটি Ca-পরমাণু+একটি CO_3-মূলক	$CaCO_3$

ফর্মুলার মূল্য (Utility of Formula): কোন পদার্থের ফর্মুলার সাহায্যে সেই পদার্থের গঠন পরিচয় মোটামুটি জানা যায়। যেমন, H_2O—এই ফর্মুলা জলের একটি অণুর সংকেত বা ফর্মুলা। এই অণুটিতে আছে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি অক্সিজেনের পরমাণু। HNO_3—এই ফর্মুলা হইতে বোঝা যায় যে পদার্থটি নাইট্রিক অ্যাসিড এবং এই নাইট্রিক অ্যাসিড অণুটিতে আছে একটি হাইড্রোজেন, একটি নাইট্রোজেন ও তিনটি অক্সিজেনের পরমাণু। সুতরাং কোন পদার্থের ফর্মুলা দ্বারা জানা যায়:

(*i*) পদার্থটির নাম ও গঠন পরিচয়;

(*ii*) পদার্থটি কি কি মৌলিক পদার্থ এবং মূলক দ্বারা গঠিত;

(*iii*) কোন্ মৌলিক পদার্থের কয়টি করিয়া পরমাণু দ্বারা পদার্থটি সংগঠিত;

(*iv*) পদার্থটির আণবিক ওজন; [যথা: জলের আণবিক ওজন (H_2O) $=2\times1+16=18$]

(*v*) যৌগিক পদার্থটির বিভিন্ন উপাদান তথা বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের শতাংশ ওজন।

কিন্তু কোন পদার্থের আণবিক ফর্মুলা দ্বারা ইহার কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় অবস্থা অথবা ইহার বর্ণ বা অন্যান্য ভৌত ও রাসায়নিক বর্ণের পরিচয় পাওয়া যায় না।

Questions to be discussed

1. What is symbol? What are the utilities of a chemical formula?

2. $3H_2O$, $5NaCl$, $4CO_2$—explain what you understand by these formulae.

3. Define symbol and formula. Illustrate your examples with three examples. Give three examples of formula of elementary and compound molecules.

4. What do you understand by symbol and formula? [*H. S. 1960*]

5. Explain the term chemical formula. [*H. S. 1963 (Comp)*]

অণুর সংগঠন ও যোজ্যতা

পৃথিবীর বস্তুরাশি অগণিত ও বিচিত্র। কিন্তু প্রাকৃতিক মৌলিক পদার্থের সংখ্যা 92 রকম। এই সকল মৌলিক পদার্থের পরমাণু নানা সংখ্যায় সম্মিলিত হইয়া গড়িয়া তোলে বিভিন্ন রকম মৌলিক পদার্থ।

যৌগিক পদার্থের সংখ্যা অগণিত হইলেও যৌগিক পদার্থের গঠন অত্যন্ত সুশৃংখল, সুনির্দিষ্ট ও নিয়মানুবর্তী। কোন্ মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সঙ্গে অন্য কোন্ মৌলিক পদার্থের পরমাণু এবং কত সংখ্যায় সংযুক্ত হইয়া কোন্ যৌগিক পদার্থের অণু গঠন করিবে তাহার নীতি ও নিয়মে বিন্দুমাত্র গরমিল হওয়া সম্ভব নয়।

দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু এবং একটি অক্সিজেন পরমাণুর সম্মেলনে যে-যৌগিক পদার্থটি গঠিত হইবে তাহা সুনিশ্চিতভাবে হইবে জল। পৃথিবীর যে-কোন স্থানের যে-কোন জলের অণু বিশ্লেষণ করিলে পাওয়া যাইবে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি অক্সিজেন পরমাণু এবং যে-কোন স্থানের জলের ফর্মুলা হইবে তাই—H_2O; তেমনি একটি সোডিয়াম ও একটি ক্লোরিন পরমাণু সংযুক্ত হইয়া গড়িয়া তুলিবে একটি লবণের অণু—NaCl, সোডিয়াম বা ক্লোরিন পরমাণুর সংখ্যার হেরফের করিয়া কোনমতেই লবণ গঠন্ করা সম্ভব নয়।

বিভিন্ন যৌগিক পদার্থ কোন্ কোন্ মৌলিক পদার্থের কত সংখ্যক পরমাণুর দ্বারা গঠিত হইবে তাহার নীতি ও নিয়ম সুনির্দিষ্ট। এজন্যই পৃথিবীর বস্তুরাশি এত বিচিত্র ও বিভিন্ন হইয়াও সুপরিকল্পিত এবং সুনির্দিষ্ট।

যৌগিক পদার্থ গঠিত হয় কয়েকটি সাধারণ নিয়ম অনুযায়ী:

(i) **যে-কোন মৌলিক পদার্থ অন্য যে-কোন মৌলিক পদার্থের সঙ্গে জোট বাঁধিয়া খেয়াল-খুশিমত অণু গঠন করিতে পারে না। যে**

সব মৌলিক পদার্থের মধ্যে পরস্পরের প্রতি রাসায়নিক আকর্ষণ আছে একমাত্র সেইরূপ মৌলই সংযুক্ত হইয়া অণু গঠন করিতে পারে।

অক্সিজেন, ক্লোরিন ও ফ্লোরিন প্রায় সব মৌলিক পদার্থের সঙ্গে যুক্ত হইয়া অণু গঠন করিতে পারে। হাইড্রোজেনও অনেক পদার্থের সঙ্গে যুক্ত হইতে পারে। সাধারণত দেখা যায়, ধাতুর সঙ্গে অ-ধাতু জাতীয় পদার্থের মিলনের আগ্রহ বেশী। যেমন MgO, NaCl ইত্যাদি। ধাতু জাতীয় মৌলগুলি পরস্পরে সংযুক্ত হইয়া কোন যৌগিক পদার্থ গঠন করে না, কিন্তু দুইটি অ-ধাতুর মৌল পরস্পরে যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করিতে পারে। যথা : CO_2, SO_2, NO, ইত্যাদি।

(ii) **কোন্ যৌগিক পদার্থের অণু কোন্ কোন্ মৌলিক পদার্থের কয়টি করিয়া পরমাণুর সংযোগে গঠিত হইবে সেই নিয়মও সুনির্দিষ্ট।**

জলের অণুতে দুইটি হাইড্রোজেন ও একটি অক্সিজেন, অ্যামোনিয়ার অণুতে একটি নাইট্রোজেন ও তিনটি হাইড্রোজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড অণুতে একটি কার্বন ও দুইটি অক্সিজেন পরমাণু পাওয়া যাইবে এবং ইহাদের ফর্মুলা হইবে যথাক্রমে—H_2O, NH_3 ও CO_2 ; বিভিন্ন পরমাণুর এইরূপ সংখ্যার কিঞ্চিৎ তারতম্য হওয়াও সম্ভব নয়।

যোজন-ক্ষমতা ও যোজ্যতা বা ভ্যালেন্সী

(Valency or Combining Capacity of Elements)

মৌলিক পদার্থগুলির পরস্পরের সঙ্গে যুক্ত হওয়ার আগ্রহ সমান নয়। কাহারও সঙ্গে কাহারও যুক্ত হওয়ার আগ্রহ কম, কাহারও সঙ্গে বেশী। মৌলের যৌগ গঠনের এরূপ আগ্রহ এবং ক্ষমতাকে সেই মৌলের যোজ্যতা নামে অভিহিত করা হয়।

যোজ্যতা (Valency) : কোন মৌলের পরমাণুগুলি যে ক্ষমতায় অন্যান্য মৌলের পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া অণু গঠন করে তাহাকে সেই মৌলের যোজ্যতা বা ভ্যালেন্সী অথবা কম্বাইনিং ক্যাপাসিটি (combining capacity) বলা হয় এবং এরূপ মৌলের একটি পরমাণু

যে কয়টি হাইড্রোজেন বা অন্য সমযোজী পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া অণু গঠন করে সেই সংখ্যা দ্বারা সেই মৌলের যোজ্যতা বা ভ্যালেন্সী নির্ণয় করা হয়।

যোজ্যতা নির্ণয়

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl), জল (H_2O), অ্যামোনিয়া (NH_3) ও মিথেন গ্যাস (CH_4)—এই অণুগুলি বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায় :

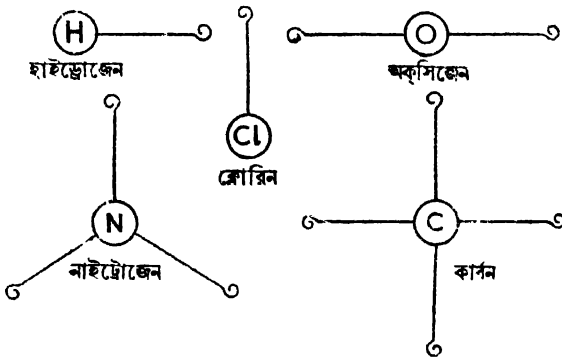
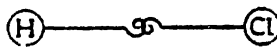
একটি Cl-পরমাণু এবং **একটি** H-পরমাণু **একটি** HCl-অণু গঠন করে।
একটি O-পরমাণু এবং **দুইটি** H-পরমাণু **একটি** H_2O-অণু গঠন করে।
একটি N-পরমাণু এবং **তিনটি** H-পরমাণু **একটি** NH_3-অণু গঠন করে।
একটি C-পরমাণু এবং **চারিটি** H-পরমাণু **একটি** CH_4-অণু গঠন করে।

অর্থাৎ, একটি ক্লোরিন, একটি অক্সিজেন, একটি নাইট্রোজেন ও একটি কার্বন পরমাণু যথাক্রমে 1, 2, 3, 4টি হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয়।

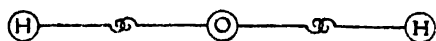
মৌলের নাম ও সংখ্যা		হাইড্রোজেন মৌলের সংখ্যা		যোগের গঠন ও নাম
1 Cl	+	1 H	→	HCl
1 O	+	2 H	→	H_2O
1 N	+	3 H	→	NH_3
1 C	+	4 H	→	CH_4

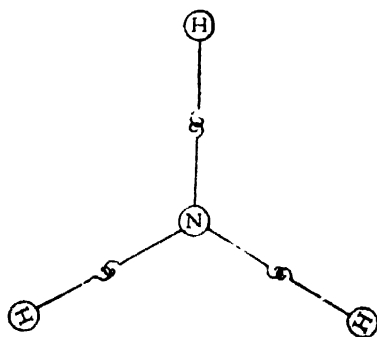
হাইড্রোজেনের মিলন-ক্ষমতা সবচেয়ে কম। তাই, হাইড্রোজেনের যোজ্যতা ধরা হয় এক। অন্য কোন মৌলিক পদার্থের একটি পরমাণু কয়টি হাইড্রোজেন পরমাণুর সঙ্গে মিলিয়া অণু গঠন করিতে পারে সেই সংখ্যা দ্বারা সেই মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা নির্ণয় করা হয়। উপরের অণুগুলির বিশ্লেষণে দেখা যায় একটি ক্লোরিন পরমাণু ও একটি হাইড্রোজেন পরমাণু একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু, একটি অক্সিজেন পরমাণু ও দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু একটি জল (H_2O) অণু, একটি নাইট্রোজেন পরমাণু ও তিনটি হাই-

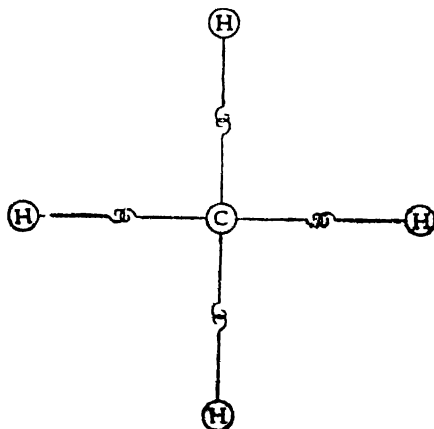
হ্রোজেন পরমাণু একটি অ্যামোনিয়া (NH_3) অণু এবং একটি কার্বন পরমাণু ও চারিটি হাইড্রোজেন পরমাণু একটি মিথেন (CH_4) অণু গঠন করে। সুতরাং **ক্লোরিনের যোজ্যতা 1, অক্সিজেনের 2, নাইট্রোজেনের 3 এবং কার্বনের 4.**

যোজ্যতাকে যদি কল্পনা করিয়া হাতের সঙ্গে তুলনা করা যায় তবে হাইড্রোজেন পরমাণুর হইবে এক হাত এবং ক্লোরিনেরও এক হাত, অক্সিজেনের দুই হাত, নাইট্রোজেনের তিন হাত এবং কার্বনের চার হাত। অর্থাৎ চিত্রাকারে তাহা দেখান যায়ঃ

অণু গঠনের জন্য একটি মৌলিক পদার্থের পরমাণুকে তাহার সব কয়টি হাত দিয়া অন্য মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সব কয়টি হাত ধরা চাই এবং হাত ধরাধরি সম্পূর্ণ হইলে তবেই পরমাণুর সম্মেলনে গঠিত হইবে একটি স্থায়ী অণুর কাঠামো। কল্পনা অনুযায়ী একটি ক্লোরিন পরমাণুর **একটি** হাত এবং হাইড্রোজেন পরমাণুরও **একটি** হাত বলিয়া একটি হাইড্রোজেন পরমাণু একটিমাত্র ক্লোরিন পরমাণুর সঙ্গে মিলিত হইয়া গড়িয়া তুলিবে একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু। যথা:

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু

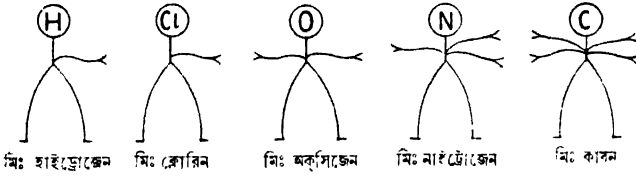
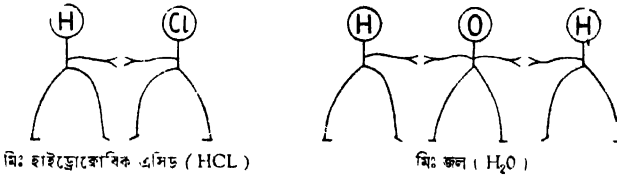
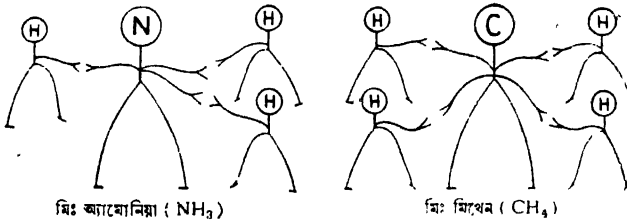
একটি অক্সিজেন পরমাণুর **দুইটি** হাত। তাই অক্সিজেনের দুই হাত জন্য চাই হাইড্রোজেনের দুই হাত। কিন্তু একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর মাত্র

একটি হাত। তাই অক্‌সিজেনের দুইটি হাতের জন্য চাই দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু। তবেই গঠিত হইবে একটি জলের অণু। যথা:

জল অণু

একটি নাইট্রোজেন পরমাণুর **তিনটি** হাত। তাই, নাইট্রোজেনের তিন হাতের জন্য চাই তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণুর তিনটি হাত। তবেই গঠিত হইবে একটি অ্যামোনিয়ার অণু। যথা:

অ্যামোনিয়া অণু

একটি কার্বন পরমাণুর চারিটি হাতের সঙ্গে চারিটি হাইড্রোজেনের পরমাণুর চারিটি হাত মিলিয়া গড়িয়া তুলিবে একটি মিথেন অণু।

মিথেন অণু

হাইড্রোজেন, ক্লোরিন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ও কার্বন পরমাণুকে যদি কল্পনা করিয়া মানুষের মত করিয়া হাত সহ আঁকা যায় তাহা হইলে HCl, H_2O, NH_3 ও CH_4 অণু কয়টির চিত্র হইবে অনুরূপ :

1. একক ভাবে H, Cl, O, N ও C পরমাণুর চিত্র

2. যৌগ গঠনে যুক্ত-পরমাণুর চিত্র

3. যৌগ গঠনে যুক্ত-পরমাণুর চিত্র

কয়েকটি মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা বা ভ্যালেন্সী

সব মৌলিক পদার্থের এক একটি নির্দিষ্ট যোজ্যতা আছে। শুধু হিলিয়াম, নিয়ন ও আরগনজাতীয় ছয়টি নিষ্ক্রিয় মৌলিক পদার্থের কোন যোজন-ক্ষমতা নাই। তাই, এই সমস্ত মৌলিক পদার্থ কয়টি কোনরূপ যৌগিক অণু গঠন করিতে পারে না। মৌলিক পদার্থের সর্বনিম্ন যোজ্যতা এক। হাইড্রোজেন, ক্লোরিন, ব্রোমিন, আইয়োডিন ইত্যাদির যোজ্যতা এক। মৌলের মধ্যে সব

চেয়ে বেশি যোজ্যতা আট। নিম্নে হায়ার সেকেণ্ডারী পাঠ্য-তালিকাভুক্ত কয়েকটি পরিচিত মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা বা ভ্যালেন্সী দেওয়া হইল :

যোজ্যতার চার্ট (Valency Chart)

ভ্যালেন্সী বা যোজ্যতা	কয়েকটি পদার্থের নাম
এক……	…হাইড্রোজেন (H), ফ্লোরিন (F), ক্লোরিন (Cl), ব্রোমিন (Br), আইয়োডিন (I), সোডিয়াম (Na), পটাসিটাম (K), রূপা (Ag)
দুই……	…অক্সিজেন (O), ম্যাগনেসিয়াম (Mg), আয়রন (Fe) ক্যালসিয়াম (Ca), জিংক (Zn), সালফার (S), লেড (Pb), ইত্যাদি।
তিন……	…নাইট্রোজেন (N), অ্যালুমিনিয়াম (Al), ক্রোমিয়াম (Cr) আয়রন (Fe), সোনা (Au), ফসফরাস (P), বোরন (B), ইত্যাদি।
চার……	…কার্বন (C), সিলিকন (Si), টিন (Sn), লেড (Pb), ইত্যাদি।
পাঁচ……	…নাইট্রোজেন (N), ফসফরাস (P), আরসেনিক (As), অ্যান্টিমান (Sb), ইত্যাদি।
ছয়……	…সালফার (S), ক্রোমিয়াম (Cr), ইত্যাদি।
সাত……	…ম্যাঙ্গানীজ (Mn), ইত্যাদি।
আট……	…অসমিয়াম (Os), ইত্যাদি।
শূন্য (0)…	হিলিয়াম (He), নিয়ন (Ne), আরগন (A), ইত্যাদি।

একাধিক বা পরিবর্তনশীল যোজ্যতা
(Variable Valency)

কোন কোন মৌলিক পদার্থের একাধিক যোজ্যতা বর্তমান। তামার যোজ্যতা এক ও দুই। লোহার যোজ্যতা দুই ও তিন। তাই, তামা ও লোহা দুই রকম অণু গঠন করিতে পারে। **কম যোজ্যতার অণুকে বলা হয় 'আস' (ous) এবং বেশি যোজ্যতার অণুকে বলা হয় 'ইক' (ic) যৌগ।**

আস (ous) যৌগ	ফর্মুলা	ইক্ (ic) যৌগ	ফর্মুলা
কিউপ্রাস ক্লোরাইড	$CuCl$	কিউপ্রিক ক্লোরাইড	$CuCl_2$
ফেরাস ক্লোরাইড	$FeCl_2$	ফেরিক ক্লোরাইড	$FeCl_3$
ফেরাস অক্সাইড	FeO	ফেরিক অক্সাইড	Fe_2O_3
নাইট্রাস অক্সাইড	N_2O	নাইট্রিক অক্সাইড	NO

যে সকল মৌলিক পদার্থ একাধিক রকম যৌগ গঠন করিতে পারে, তাহাদের একাধিক যোজ্যতা বর্তমান। নিম্নে একাধিক যোজ্যতাসম্পন্ন কয়েকটি পরিচিত মৌলিক পদার্থের একটি তালিকা (chart) দেওয়া হইল :

নাম	যোজ্যতা	বিভিন্ন যৌগের ফর্মুলা
কপার (Cu)	1, 2	$CuCl$, $CuCl_2$
আয়রন (Fe)	2, 3	$FeCl_2$, $FeCl_3$, FeO, Fe_2O_3
নাইট্রোজেন (N)	1, 2, 3, 4, 5,	N_2O, NO, N_2O_3, N_2O_4, N_2O_5
সালফার (S)	2, 4, 6	H_2S, SO_2, (বা S_2O_4), SO_3 (বা S_2O_6)
লেড (সীসা) (Pb)	2, 4	$PbCl_2$, $PbCl_4$, PbO বা (Pb_2O_2), PbO_2 বা (Pb_2O_4)
ফসফরাস (P)	3, 5	P_2O_3, P_2O_5, PCl_3, PCl_5

যৌগমূলকের যোজ্যতা
(Valency of Compound Radicals)

যৌগমূলক বা র‍্যাডিক্যাল (Radical): কোন কোন মৌলিক পদার্থ পরস্পরে মিলিয়া এক বিশেষ ধরনের জোট বাঁধিতে পারে এবং বিভিন্ন রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় এই জোটগুলি এক একটি অখণ্ড পরমাণুর মত ব্যবহার করে। বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের সম্মেলনে গঠিত এরূপ পরমাণু-জোটকে

বলা হয় **যৌগমূলক বা র‍্যাডিক্যাল** (Compound Radical)। এরূপ মূলককে স্বতন্ত্র অবস্থায় পাওয়া যায় না কিন্তু যৌগের মধ্যে ইহাদের অস্তিত্ব পাওয়া যায়। মূলকেরও মৌলিক পদার্থের ন্যায় যোজ্যতা বর্তমান। কয়েকটি সাধারণ যৌগমূলকের নাম, ফর্মুলা ও যোজ্যতার তালিকা দেওয়া হইল :

যৌগমূলকের (Radicals) যোজ্যতার চার্ট

মূলকের নাম	ফর্মুলা	যোজ্যতা	যৌগ
হাইড্রক্সিল্	OH	এক	$NaOH$
নাইট্রেট	NO_3	এক	KNO_3
অ্যামোনিয়াম	NH_4	এক	NH_4OH
কার্বনেট	CO_3	দুই	Na_2CO_3
সালফেট	SO_4	দুই	Na_2SO_4
ফসফেট	PO_4	তিন	Na_3PO_4
আর্সেনাইট	AsO_3	তিন	Na_3AsO_3
আর্সেনেট	AsO_4	তিন	Na_3AsO_4
বাই-কার্বনেট	HCO_3	এক	$NaHCO_3$
বাই-সালফেট	HSO_4	এক	$NaHSO_4$

ফর্মুলা লিখন-প্রণালী

মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা জানা থাকিলে সহজেই অণুর ফর্মুলা লেখা যায়। অনেক মৌলিক পদার্থ হাইড্রোজেনের সঙ্গে মিলিত হয় না; কিন্তু ক্লোরিন ও অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া অণু গঠন করে। ক্লোরিন ও অক্সিজেনের আবার হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া অণু গঠন করিতে পারে। তাই, ক্লোরিন ও অক্সিজেনের যোজ্যতা জানিয়াও অন্যান্য মৌলিক পদার্থের যোজ্যতা নির্ণয় করা যায়।

একটি সোডিয়াম পরমাণু একটি ক্লোরিন পরমাণুর সঙ্গে মিলিয়া একটি লবণ অণু ($NaCl$) গঠন করে। যেহেতু ক্লোরিনের যোজ্যতা এক সেই হেতু

সোডিয়ামের যোজ্যতাও এক। একটি ম্যাগনেসিয়াম পরমাণু একটি অক্‌সিজেন পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া গঠন করে একটি ম্যাগনেসিয়াম অক্‌সাইডের অণু (MgO)। যেহেতু অক্‌সিজেনের যোজ্যতা দুই, সেই হেতু ম্যাগনেসিয়ামের যোজ্যতাও হইবে দুই।

ফর্মুলা লিখিবার সাধারণ নিয়মরূপে বলা যায় যে, মৌলিক পদার্থ A যখন মৌলিক পদার্থ B-র সঙ্গে যুক্ত হইয়া অণু গঠন করে তখন এমনভাবে অণুর ফর্মুলা লিখিত হইবে যাহাতে A-র যোজ্যতার মোট সংখ্যা B-র যোজ্যতার মোট সংখ্যার সমান হয়। অর্থাৎ অণু গঠনে A ও B মৌলের পারস্পরিক যোজ্যতার সামঞ্জস্য বা সমতা বিধান প্রয়োজন। এরূপভাবে ফর্মুলা লিখিবার সময় A-র যোজ্যতা বসাইতে হইবে B-র গায়ে ও ডান পাশে নীচের দিকে এবং B-র যোজ্যতা বসাইতে হইবে A-র গায়ে ও ডানপাশে নিচের দিকে। মনে কর A-র যোজ্যতা 3 এবং B-র যোজ্যতা 2; সুতরাং A ও B-র সংযোজনে অণু গঠিত হইবে অনুরূপভাবে: যথা A_2B_3;

A-র যোজ্যতা 3; সুতরাং 2A পরমাণুর মোট যোজ্যতা $=2\times3=6$

B-র যোজ্যতা 2; সুতরাং 3B পরমাণুর মোট যোজ্যতা $=3\times2=6$

অর্থাৎ A-র মোট যোজ্যতা (6) = B-র মোট যোজ্যতা (6)

অক্‌সিজেন ও হাইড্রোজেনের সংযোগে জলের অণু গঠিত হয় এইভাবে:

O-পরমাণুর যোজ্যতা = 2

H-পরমাণুর যোজ্যতা = 1

2H-পরমাণুর যোজ্যতা = 2

সুতরাং জলের অণু যদি দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি অক্‌সিজেন পরমাণু দ্বারা গঠিত হয় তবে জলের অণুতে হাইড্রোজেন ও অক্‌সিজেনের যোজ্যতা সমান হইবে অর্থাৎ উভয়ের যোজ্যতা হইবে দুই। যথা, একটি O-পরমাণুর যোজ্যতা = দুইটি H-পরমাণুর যোজত্যা = 2; তাই জল গঠিত হইবে 2 হাইড্রোজেন পরমাণু এবং 1 অক্‌সিজেন পরমাণু দ্বারা এবং জলের ফর্মুলা হইবে H_2O.

অক্‌সিজেনের যোজ্যতা 2 এবং হাইড্রোজেনের যোজ্যতা 1; তাই, কোনাকুনিভাবে অক্‌সিজেনের যোজ্যতা হাইড্রোজেনের গায়ে এবং হাইড্রোজেনের যোজ্যতা অক্‌সিজেনের গায়ে লিখিয়া জলের ফর্মুলা লেখা যায়।

যথা: $H_2 \rightleftharpoons O_1$ বা H_2O

মৌলিক পদার্থের অণুগঠন বা ফর্মুলা-লিখন প্রণালী

(i) **একযোজী মৌলের গঠন** (Mono-valent elements) : হাইড্রোজেন, ক্লোরিন, সোডিয়াম একযোজী মৌলিক পদার্থ। সুতরাং অণুর গঠন ও ফর্মুলা লিখিত হইবে নিম্ন উপায়ে :

[এক মাত্রা যোজ্যতার চিহ্ন —, দুই মাত্রার চিহ্ন =, ইত্যাদি।]

যোজ্যতার সমতা	ফর্মুলা লিখন	যৌগিক পদার্থ
H- + Cl-	$H_1 \rightleftharpoons Cl_1$ বা HCl	হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড
Na- + Cl-	$Na_1 \rightleftharpoons Cl_1$ বা $NaCl$	সোডিয়াম ক্লোরাইড

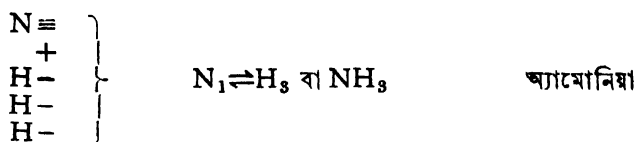
(ii) **দুইযোজী মৌলের** (Divalent element) **যৌগ গঠন :** অক্সিজেন, ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম দুইযোজী মৌল। সুতরাং যৌগ গঠনের পদ্ধতি :

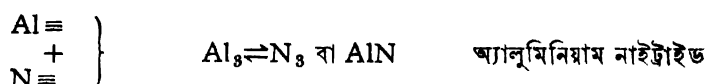
O= + Mg=	$Mg_2 \rightleftharpoons O_2$ বা MgO	ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড
Cu= + O=	$Cu_2 \rightleftharpoons O_2$ বা CuO	কপার অক্সাইড

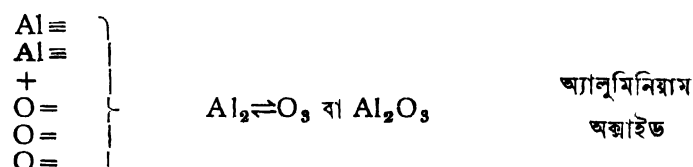
(iii) **একযোজী ও দুইযোজী মৌলের যৌগ গঠন** (Mono- and divalent elements) : অক্সিজেন ও ক্যালসিয়াম দুইযোজী কিন্তু হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন একযোজী মৌল। এরূপ ভিন্ন যোজী মৌলের যৌগ গঠন পদ্ধতি :

H− H− + O=	$H_2 \rightleftharpoons O_1$ বা H_2O	জল
Ca= + Cl− Cl−	$Ca_1 \rightleftharpoons Cl_2$ বা $CaCl_2$	ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড

একযোজী ও তিনযোজী মৌলের যৌগ গঠন (Mono- and tri-valent elements) : নাইট্রোজেন তিনযোজী এবং হাইড্রোজেন একযোজী মৌল ; এরূপ ভিন্ন যোজী মৌলের যৌগ গঠন :

যোজ্যতার সমতা	**ফর্মুলা লিখন**	**যৌগিক পদার্থ**
N≡ + H− H− H−	$N_1 \rightleftharpoons H_3$ বা NH_3	অ্যামোনিয়া

(v) **তিনযোজী মৌলের যৌগ গঠন** (Trivalent elements) : অ্যালুমিনিয়াম ও নাইট্রোজেন তিনযোজী। ইহাদের যৌগ গঠন পদ্ধতি :

Al≡ + N≡	$Al_3 \rightleftharpoons N_3$ বা AlN	অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড

(vi) **দুইযোজী ও তিনযোজী মৌলের যৌগ গঠন** (Divalent and trivalent elements) : অক্সিজেন দুইযোজী এবং অ্যালুমিনিয়াম তিন-যোজী মৌল। এরূপ ভিন্ন যোজী মৌলের যৌগ গঠন পদ্ধতি :

Al≡ Al≡ + O= O= O=	$Al_2 \rightleftharpoons O_3$ বা Al_2O_3	অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড

যৌগমূলকের সঙ্গে অণু গঠন (Element and radical) : বিভিন্ন যৌগ মূলকের যোজ্যতা যথাক্রমে : OH−1 ; NH_4−1 , NO_3−1 ; SO_4−2 ; CO_3−2 ; PO_4−3 ; এরূপ যৌগমূলকের অণু গঠনের পদ্ধতি :

Na− + [OH]−	$Na_1 \rightleftharpoons OH_1$ বা NaOH	কষ্টিক সোডা
Ca= + [OH]− [OH]−	$Ca \rightleftharpoons (OH)_2$ বা $Ca(OH)_2$	ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড
H− + [NO_3]−	$H_1 \rightleftharpoons (NO_3)_1$ বা HNO_3	নাইট্রিক অ্যাসিড

যোজ্যতার সমতা	ফর্মুলা লিখন	যৌগিক পদার্থ
H H + $[SO_4]=$	$H_2 \rightleftharpoons (SO_4)_1$ বা H_2SO_4	সালফিউরিক অ্যাসিড
Ca = + $[CO_3]=$	$Ca_2 \rightleftharpoons (CO_3)_2$ বা $CaCO_3$	ক্যালসিয়াম কার্বনেট বা চুনাপাথর
Ca = Ca = Ca = + $PO_4 \equiv$ $PO_4 \equiv$	$Ca_3 \rightleftharpoons (PO_4)_2$ বা $Ca_3(PO_4)_2$	ক্যালসিয়াম ফসফেট
NH_4- + $Cl-$	$(NH_4)_1 \rightleftharpoons Cl_1$ বা NH_4Cl	অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড
NH_4- NH_4- + $CO_3=$	$(NH_4)_2 \rightleftharpoons (CO_3)$ বা $(NH_4)_2CO_3$	অ্যামোনিয়াম কার্বনেট

একাধিক যোজ্যতার ফর্মুলা

লোহার যোজ্যতা দুই বা তিন। তাই, লোহা বা আয়রন মৌল ক্লোরিন ও অক্সিজেনের সঙ্গে দুই রকম অণু গঠন করিতে পারে।

(i) লোহার যোজ্যতা 2 এবং অক্সিজেনের যোজ্যতাও 2 ;

সুতরাং যৌগটির ফর্মুলা Fe_2O_2 বা FeO

এরূপ নিম্নতর যোজ্যতার যৌগিকের সঙ্গে **'আস'** (ous) শব্দটি যোগ করিয়া যৌগ অণুর পরিচয় দেওয়া হয়। তাই, লোহার এই অক্সাইডটির নাম হইবে **ফেরাস অক্সাইড**। লোহার যোজ্যতা=2 ; ক্লোরিনের=1 ; তাই উহাদের যৌগটির ফর্মুলা Fe_1Cl_2 বা $FeCl_2$ (ফেরাস ক্লোরাইড)।

(iii) লোহার যোজ্যতা যখন তিন তখন দুইটি লোহার পরমাণুর সঙ্গে তিনটি অক্সিজেন পরমাণুর সংযোগ ঘটিলে তবে লোহার অক্সাইডে লোহা ও অক্সিজেনের যোজ্যতা সমান হইবে। যথা :

$2Fe = 2 \times 3 = 6$ যোজ্যতা এবং $3O_2 = 3 \times 2 = 6$ যোজ্যতা ; তাই, তিন যোজী লৌহ অক্সাইডের ফর্মুলা হইবে $Fe_2 \rightleftharpoons O_3$ বা Fe_2O_3 •

লোহার এই উচ্চতর যোজ্যতার অক্সাইডকে বলা হয় 'ইক' (ic) অক্সাইড। তাই, এই অক্সাইডটির নাম হইবে Fe_2O_3 (ফেরিক অক্সাইড) ; তেমনি ক্লোরিনের সঙ্গেও তিনযোজী লোহা অণু গঠন করিবে Fe_1Cl_3 বা $FeCl_3$ (ফেরিক ক্লোরাইড)।

নাইট্রোজেনের যোজ্যতা, এক, দুই, তিন, চার ও পাঁচ হইতে পারে। তাই, নাইট্রোজেন (i) N_2O, (ii) N_2O_2 বা NO, (iii) N_2O_3, (iv) N_2O_4 বা NO_2, (v) N_2O_5—এরূপ পাঁচটি অক্সাইড গঠন করিতে পারে। সালফারের যোজ্যতা যখন দুই, চার ও ছয় তখন সালফার (i) H_2S_1 বা H_2S (ii) S_2O_4 বা SO_2, (iii) S_2O_6 বা SO_3—এরূপ অণু গঠন করিতে পারে।

নাইট্রোজেনের বিভিন্ন যোজ্যতা	যৌগের নাম	ফর্মুলা	যোজ্যতার সমতা নাইট্রোজেন : অক্সিজেন
1	নাইট্রাস অক্সাইড	N_2O	$2N = 2 : O = 2$
2	নাইট্রিক অক্সাইড	N_2O_2 বা NO	$N = 2 : O = 2$
3	নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড	N_2O_3	$2N = 6 : 3O = 6$
4	নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড	N_2O_4 বা NO_2	$2N = 8 : 4O = 8$
5	নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড	N_2O_5	$2N = 10 : 5O = 10$

সালফারের বিভিন্ন যোজ্যতা	যৌগের নাম	ফর্মুলা	যোজ্যতার সমতা সালফার : অক্সিজেন
2	হাইড্রোজেন সালফাইড	H_2S	$S = 2 : 2H = 2$
4	সালফার ডাই-অক্সাইড	S_2O_4 বা SO_2	$S = 8 : 4O = 8$
6	সালফার ট্রাই-অক্সাইড	S_2O_6 বা SO_3	$S = 12 : 6O = 12$

বিভিন্ন শ্রেণীর কয়েকটি যৌগিক পদার্থের ফর্মুলা

(i) ধাতুর অক্সাইড (Oxide)

ধাতু বা অ-ধাতু এবং অক্সিজেনের যৌগকে বলা হয় অক্সাইড। অক্সিজেনের যোজ্যতা—2

ম্যাগেনেসিয়াম অক্সাইড—MgO ক্যালসিয়াম অক্সাইড—CaO
সোডিয়াম অক্সাইড—Na_2O পটাসিয়াম অক্সাইড—K_2O
মারকিউরিক অক্সাইড—HgO অ্যালুমিনিয়াম অকসাইড—Al_2O_3

(ii) অ-ধাতুর অক্সাইড (Oxide)

কার্বন মনক্সাইড—CO কার্বন ডাই-অক্সাইড—CO_2
সালফার ডাই-অক্সাইড—SO_2 সালফার ট্রাই-অক্সাইড—SO_3
ফস্‌ফরাস ট্রাই-অক্সাইড—P_2O_3 ফসফরাস পেণ্টক্সাইড—P_2O_5
নাইট্রোজে ট্রাই-অক্সাইড—N_2O_3 নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড—N_2O_5

(iii) ক্লোরাইড (Chloride)

ধাতু বা অ-ধাতু জাতীয় মৌলের সঙ্গে ক্লোরিনে যৌগকে বলা হয় ক্লোরাইড। ক্লোরিনের যোজ্যতা—1

সোডিয়াম ক্লোরাইড—$NaCl$ ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড—$CaCl_2$
সিলভার ক্লোরাইড—$AgCl$ ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড—$MgCl_2$
কিউপ্রাস ক্লোরাইড—$CuCl$ অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড—$AlCl_3$
কিউপ্রিক ক্লোরাইড—$CuCl_2$ অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড—NH_4Cl

(iv) হাইড্রক্সাইড (Hydroxide)

ধাতুর মৌলের সঙ্গে যুক্ত (OH)-মূলকের যৌগকে বলা হয় ধাতুর হাইড্রক্সাইড ; OH মূলকের যোজ্যতা—1

সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড—$NaOH$; অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড—NH_4OH

ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড—$Ca(OH)_2$

কপার হাইড্রক্সাইড—$Cu(OH)_2$ অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড—$Al(OH)_3$

(v) অ্যাসিড (Acid)

যাবতীয় অ্যাসিডের মধ্যেই কোন একটি মূলকের সহিত হাইড্রোজেন যুক্ত থাকে। বিভিন্ন অ্যাসিড মূলকের যোজ্যতা : Cl—1 ; NO_3—1 ; SO_4—2 ; CO_3—2 ; PO_4—3, BO_3—3. যথা :

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড—HCl কার্বনিক অ্যাসিড—H_2CO_3
নাইট্রিক অ্যাসিড—HNO_3 ফসফরিক অ্যাসিড—H_3PO_4
সালফিউরিক অ্যাসিড—H_2SO_4 বোরিক অ্যাসিড—H_3BO_3

(vi) নাইট্রেট (NO_3) লবণ (Nitrate)

ধাতু জাতীয় মৌলের সঙ্গে নাইট্রেট যৌগ মূলকের সংযোগে যে যৌগিক পদার্থ গঠিত হয় সেই যৌগকে সাধারণভাবে বলা হয় নাইট্রেট লবণ (Salt)। যথা :

পটাসিয়াম নাইট্রেট বা সোরা—KNO_3 ; জিংক নাইট্রেট—$Zn(NO_3)_2$
সিলভার নাইট্রেট—$AgNO_3$ অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেট—$Al(NO_3)_3$

(vii) সালফেট (SO_4) লবণ (Sulphate)

ধাতু জাতীয় মৌলের সঙ্গে যুক্ত সালফেট মূলকের যৌগ সালফেট নামে পরিচিত। যথা :

সোডিয়াম সালফেট—Na_2SO_4 ক্যালসিয়াম সালফেট—$CaSO_4$
কপার সালফেট বা তুঁতে—$CuSO_4$ অ্যালুমিনিয়াম সালফেট—$Al_2(SO_4)_3$

(viii) কার্বনেট (CO_3) লবণ (Carbonate)

ধাতু জাতীয় মৌলের সঙ্গে যুক্ত কার্বনেট মূলকের যৌগ কার্বনেট নামে পরিচিত। যথা :

সোডিয়াম কার্বনেট বা সোডা—Na_2CO_3 ; ক্যালসিয়াম কার্বনেট—$CaCO_3$
ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট—$MgCO_3$; জিংক কার্বনেট—$ZnCO_3$

(ix) সালফাইড (S) লবণ (Sulphide)

ধাতু জাতীয় মৌলের সঙ্গে যুক্ত সালফারের যৌগ সালফাইড নামে পরিচিত। যথা :

সোডিয়াম সালফাইড—Na_2S হাইড্রোজেন সালফাইড—H_2S
ক্যালসিয়াম সালফাইড—CaS কপার সালফাইড—CuS

(x) ফসফেট (PO_4) লবণ (Phosphate)

ধাতু জাতীয় পদার্থের সঙ্গে যুক্ত ফসফেট মূলকের যৌগকে ফসফেট লবণ বলা হয়।

সোডিয়াম ফসফেট—Na_3PO_4 ক্যালসিয়াম ফসফেট—$Ca_3(PO_4)_2$

(xi) অ্যামোনিয়াম (NH_4) লবণ

অ্যামোনিয়াম মূলকের সঙ্গে যুক্ত অ-ধাতব মৌলের যৌগকে অ্যামোনিয়াম লবণ বলা হয়। যথা :

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড—NH_4Cl অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট—NH_4NO_3
অ্যামোনিয়াম কার্বনেট—$(NH_4)_2CO_3$ অ্যামোনিয়াম সালফেট—$(NH_4)_2SO_4$

Questions to be discussed

1. Define valency. Valency of carbon is four—what do you understand by this ? What do 'ous' and 'ic' compounds mean ?

2. What is a radical ? Write down the formula of three compounds with three different kinds of radicals.

3. What are the valencies of the following elements and radicals which form the following compounds.

$AgCl$, H_2O, $CuCl_2$, $AlCl_3$, NH_4OH, NH_4SO_4, P_2O_5, NO, SO_2, NO_2, H_2SO_4, KNO_3, $ZnSO_4$, $(NH_4)_2CO_3$ and $Fe(OH)_3$

4. How valency of an element is measured ? What is variable valency. Name two compounds of variable valencies.

5. Explain the term valency. [*H. S. 1964*]

রাসায়নিক বিক্রিয়া ও সমীকরণ

প্রকৃতিতে বা রসায়নাগারে অহরহ রাসায়নিক দ্রব্যের পরিবর্তন ঘটে।

রাসায়নিক বিক্রিয়া (Chemical reaction) **: বিভিন্ন প্ররোচকের সাহায্যে এক বা একাধিক সংমিশ্রিত রাসায়নিক দ্রব্যের মধ্যে রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে অণুর গঠনে যে রূপান্তর ঘটে তাহাকে রাসায়নিক বিক্রিয়া বলে।**

রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে এক বস্তু সম্পূর্ণরূপে অন্যরকম নূতন বস্তুতে পরিণত হয় বটে কিন্তু বস্তুর মূল উপাদান তথা পরমাণু গঠন ও সংখ্যার কোন পরিবর্তন হয় না। রাসায়নিক বিক্রিয়ার আগে যে কয়টি পরমাণুর থাকে বিক্রিয়ার পরেও ঠিক সেই কয়টি পরমাণু তেমনি অবিকৃত অবস্থায় থাকে। পরমাণুগুলি শুধু এক শ্রেণীর মলিকুল বা অণুর কাঠামো ভাঙ্গিয়া আবার নূতন ধরনের কাঠামোর নূতন শ্রেণীর মলিকুল বা অণু গড়িয়া তোলে।

পরমাণুর প্রতীকচিহ্নের সাহায্যে অণুর ফর্মুলা লিখিয়া রাসায়নিক বিক্রিয়ার পরিচয় দেওয়া যায়।

রাসায়নিক সমীকরণ বা কেমিক্যাল ইকুয়েশন (Chemical Equation) **:** ফর্মুলার সাহায্যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ অণুগুলির গঠন এবং বিক্রিয়ার আগে ও পরে সেই সব অণুস্থিত পরমাণু সমূহের প্রকৃতি ও সংখ্যার মধ্যে সমতা স্থাপনের পদ্ধতিতে সেই রাসায়নিক বিক্রিয়ার যে সাংকেতিক পরিচয় দেওয়া হয় তাহাকে সমীকরণ বা কেমিক্যাল ইকুয়েশন বলা হয়।

সমীকরণ বা ইকুয়েশন লেখার পদ্ধতি

বিভিন্ন রাসায়নিক দ্রব্যের মধ্যে যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার ঘটে তাহার সমীকরণ অনুরূপভাবে লেখা হয় :

(i) **বিকারক ও উৎপন্ন দ্রব্যের ফর্মুলা বা সংকেত লিখন** (Formula of Reagent and Product) **:** রাসায়নিক সমীকরণ বা ইকুয়েশন লেখার সময় মৌলিক ও যৌগিক পদার্থের ফর্মুলা লিখিতে হয় **অণু রূপে,**—পরমাণু রূপে

নয়। হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ক্লোরিন ইত্যাদি মৌলিক পদার্থগুলির অণুর ফর্মূলা H_2, O_2 N_2 ও Cl_2 ; কিন্তু ধাতু ও কার্বনের ন্যায় তরল ও কঠিন অবস্থায় মৌলিক পদার্থের অণুগুলি একটিমাত্র পরমাণুরূপে গঠিত। তাই ইহাদের অণুর ফর্মূলা—Na, Mg, Fe, C ইত্যাদি। সালফার ও ফসফরাসের অণু বিভিন্ন অবস্থায় একাধিক পরমাণু দ্বারা গঠিত হওয়া সত্ত্বেও সাধারণত ফর্মূলা লেখার সময় ইহাদের এক পারমাণবিক অণুরূপে ধরা হয়। যথা : সালফার অণু—S, ফসফরাস অণু—P.

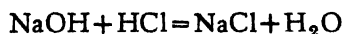
(ii) **বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ অর্থাৎ উৎপন্ন দ্রব্যের সংকেতের স্থান** (Position of the formula of Reagent and Product) : যে-সব দ্রব্যের মধ্যে পরস্পরের সংযোগে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে সেই সব দ্রব্যের অর্থাৎ বিকারকের (reagent) **অণুর ফর্মূলা লিখিতে হয় বাম পাশে** এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ার পরে যে-সব নূতন দ্রব্য গঠিত হয় সেই সব দ্রব্যের অর্থাৎ উৎপন্ন দ্রব্যের **অণুর ফর্মূলা লিখিতে হয় ডান পাশে**।

(iii) **একাধিক বিকারক বা একাধিক বিক্রিয়ালব্ধ তথা উৎপন্ন দ্রব্যের সংযোগ চিহ্ন** (Formula of more than one reagent and product) : একাধিক দ্রব্যের সংযোগে যদি বিক্রিয়া ঘটে এবং বিক্রিয়ার পরে যদি একাধিক দ্রব্য গঠিত হয় তবে বিভিন্ন দ্রব্যের ফর্মূলা **যোগ চিহ্ন দ্বারা সংযুক্ত করিতে হয়**।

কষ্টিক সোডার সঙ্গে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় লবণ ও জল তৈরী হয়। তাই, বাম পাশে বিকারকের ফর্মূলা লিখিতে হইবে $NaOH + HCl$ এবং ডান পাশে উৎপন্ন দ্রব্যের ফর্মূলা $NaCl + H_2O$.

(iv) **বিকারক ও উৎপন্ন দ্রব্যের পরিমাণের সমতা নির্ধারণ** (Equality of the quantity of Reagent and Product) : রাসায়নিক বিক্রিয়ার আগে বিভিন্ন বস্তুর অণুর মধ্যে যত সংখ্যক পরমাণু থাকে বিক্রিয়ার পরেও নূতন বস্তুর মধ্যে ঠিক তত সংখ্যক পরমাণু বর্তমান থাকে। তাই বিক্রিয়ার আগে রাসায়নিক বস্তুর মোট যে ওজন থাকে বিক্রিয়ার পরেও নূতন রাসায়নিক বস্তুর ওজন সেইরূপই থাকে। সুতরাং, বিক্রিয়ার আগের অণু-জোটকে বিক্রিয়ার পরের অণুজোটের সঙ্গে **সমতা চিহ্ন** (=) দ্বারা সংযুক্ত করিয়া সমীকরণ বা ইকুয়েশন (equation) লেখা হয়।

সুতরাং কষ্টিক সোডা ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে যে লবণ ও জল তৈরী হয় সেই বিক্রিয়াটিকে লিখিতে হইবে এইভাবে :

$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$

এই বিক্রিয়ায় ক্ষার ও অ্যাসিড অণুতে প্রথমে ছিল Na+O+H+H +Cl অর্থাৎ একটি সোডিয়াম, একটি অক্সিজেন, একটি ক্লোরিন ও দুইটি হাইড্রোজেন অর্থাৎ মোট পাঁচটি পরমাণু। বিক্রিয়ার পরে লবণ ও জলের অণুতে পাওয়া যায় Na+Cl+H+H+O অর্থাৎ সেই একই রকম বিভিন্ন পরমাণু সহ মোট পাঁচটি পরমাণু। তাই, প্রক্রিয়ার আগে ও পরে পরমাণুর প্রকৃতি, সংখ্যা এবং ওজনের সমতা রক্ষা পাইয়াছে। প্রক্রিয়ার আগে ক্ষার ও অ্যাসিডের মোট ওজন ছিল 23+1+16+1+35·5=76·5 ; প্রক্রিয়ার পরে জল ও লবণের মোট ওজন দাঁড়াইয়াছে 23+35·5+1+1+16=76·5 ; রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে অণুর প্রকৃতির পরিবর্তন ঘটিয়াছে।

(v) **একাধিক অণুর সংকেত লিখন** (Formula of more than one molecule) : বিক্রিয়ার আগে বা পরে একই পদার্থের অণুর সংখ্যা যদি একাধিক হয় তবে সেই সংখ্যা অণুর ফর্মুলার আগে লিখিতে হইবে। যথা :

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O \; ; \; H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

সমীকরণ বা ইকুয়েশনের কয়েকটি উদাহরণ

$2H_2 + O_2$	=	$2H_2O$
(হাইড্রোজেন+অক্সিজেন)		জল
$2Mg + O_2$	=	$2MgO$
(ম্যাগনেসিয়াম+অক্সিজেন)		(ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড)
$2Hg + O_2$	=	$2HgO$
(মার্কারী+অক্সিজেন)		(মারকিউরিক অক্সাইড)
$S + O_2$	=	SO_2
(সাল্ফার+অক্সিজেন)		(সাল্ফার ডাই-অক্সাইড)
$C + O_2$	=	CO_2
(কার্বন+অক্সিজেন)		(কার্বন ডাই-অক্সাইড)

সমীকরণ বা ইকুয়েশনের কয়েকটি উদাহরণ—

$2Fe+O_2$ (লোহা+অক্সিজেন)	=	$2FeO$ (ফেরাস অক্সাইড)
$C+H_2O$ (কার্বন+জল)	=	$CO + H_2$ (কার্বন মনক্সাইড+হাইড্রোজেন)
$Zn+H_2SO_4$ (জিংক+সালফিউরিক অ্যাসিড)	=	$ZnSO_4+H_2$ (জিংক সালফেট+হাইড্রোজেন)
H_2+CuO (হাইড্রোজেন+কপার অক্সাইড)	=	$Cu+H_2O$ (কপার+জল)
$4P+5O_2$ (ফসফরাস+অক্সিজেন)	=	$2P_2O_5$ (ফস্ফরাস পেণ্টকসাইড)
$CaO + CO_2$ (ক্যালসিয়াম অক্সাইড+কার্বন ডাই-অক্সাইড)	=	$CaCO_3$ (ক্যালসিয়াম কার্বনেট)
$CaCO_3 + 2HCl$ (ক্যালসিয়াম কার্বনেট+হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড)	=	$CaCl_2+H_2O+CO_2$ (ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড+জল+কার্বন ডাই-অক্সাইড)

রাসায়নিক সমীকরণের তাৎপর্য
(Meaning of a Chemical Equation)

রাসায়নিক সমীকরণের সাহায্যে নিম্নলিখিত বিষয়গুলি জানা যায় :

(i) **বিকারক ও উৎপন্ন দ্রব্যের পরিচয় :** কোন্ পদার্থের সঙ্গে কোন্ পদার্থের রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং তাহার ফলে কি কি নূতন পদার্থ তৈরী হয় তাহার অর্থাৎ বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের পরিচয় জানা যায়। যথা : $H_2+Cl_2=2HCl$; এই বিক্রিয়ায় জানা যায় যে হাইড্রোজেন অণু ও ক্লোরিন অণু সংযুক্ত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণু গঠন করে। $2H_2+O_2=2H_2O$; এই সমীকরণ হইতে জানা যে হাইড্রোজেন অণু অক্সিজেন অণুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া জলের অণু গঠন করে।

(ii) **অণুর সংখ্যা নির্ণয় :** রাসায়নিক বিক্রিয়ার জন্য কয়টি করিয়া বিকারক অণুর প্রয়োজন এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ার পরে কয়টি করিয়া বিক্রিয়া-লব্ধ নূতন অণু তৈরী হয় তাহাও জানা যায়। যথা, উপরের বিক্রিয়া অনুযায়ী

একটি হাইড্রোজেন (H_2) অণু একটি ক্লোরিন (Cl_2) অণু মিলিয়া দুইটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl) অণু গঠন করে। সেইরূপ 2 অণু হাইড্রোজেন এবং 1 অণু অক্সিজেন 2 অণু জল গঠন করে।

(iii) **পরমাণুর সংখ্যা নির্ণয় :** বিক্রিয়ার আগে ও পরে মোট পরমাণুর ও অণুর সংখ্যা জানা যায়। যথা, $H_2+Cl_2=2HCl$: অর্থাৎ $2+2=2(1+1)$ অর্থাৎ, আগে ছিল 4টি পরমাণু, পরেও আছে 4টি পরমাণু এবং বিক্রিয়ার আগে ছিল দুইটি হাইড্রোজেন ও দুইটি ক্লোরিন পরমাণু এবং পরে গঠিত দুইটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অণুর মধ্যেও দুইটি হাইড্রোজেন এবং দুইটি ক্লোরিন পরমাণু রহিয়াছে।

$2H_2+O_2=2H_2O$: এই সমীকরণ হইতে বলা যায় যে 4 পরমাণু হাইড্রোজেন ও 2 পরমাণু অক্সিজেন অর্থাৎ মোট 6 পরমাণুর সংখ্যায় বিক্রিয়ার আগে ও পরে কোন তারতম্য হয় না।

(iv) **উৎপাদক ও উৎপন্ন দ্রব্যের ওজন নির্ণয় :** রাসায়নিক বিক্রিয়ার জন্য কত ওজনের কোন্ পদার্থ প্রয়োজন এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ার পরে কত ওজনের কোন পদার্থ তৈরী হয় তাহাও অর্থাৎ বিকারক ও বিক্রিয়া-লব্ধ পদার্থের ওজন জানা যায়।

জল তৈরীর বিক্রিয়ার সমীকরণ : $2H_2+O_2=2H_2O$;

অর্থাৎ, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন অনুযায়ী :

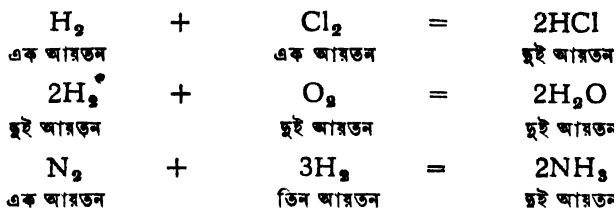
$$2(2\times1)+16\times2=2(2+16)$$

$$\text{বা, } 36=36$$

অর্থাৎ, গ্রাম হিসাবে ধরা হইলে বলা যায় 4 গ্রাম হাইড্রোজেনের সঙ্গে 32 গ্রাম অক্সিজেনের প্রক্রিয়ার ফলে 36 গ্রাম জল তৈরী হইবে।

$H_2+Cl_2=2HCl$: এই বিক্রিয়ায় : $2\times1+2\times35{\cdot}5=2(1+35{\cdot}5)$
অথবা ওজন হিসাবে $73=73$

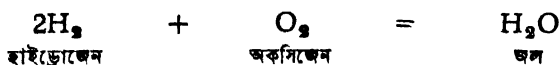
(v) **আয়তনের পরিমাণ নির্ণয় :** রাসায়নিক বিক্রিয়ার আগের ও পরের পদার্থ যদি গ্যাসীয় অবস্থায় থাকে তবে সমীকরণ হইতে আয়তনের হিসাবও জানা যায়। যথা :

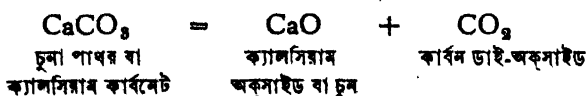
H_2	+	Cl_2	=	$2HCl$
এক আয়তন		এক আয়তন		দুই আয়তন
$2H_2$	+	O_2	=	$2H_2O$
দুই আয়তন		দুই আয়তন		দুই আয়তন
N_2	+	$3H_2$	=	$2NH_3$
এক আয়তন		তিন আয়তন		দুই আয়তন

অর্থাৎ, এক অণু পরিমাণ গ্যাসীয় দ্রব্যের জন্য আয়তনের পরিমাণ যদি এক ধরা হয়, তাহা হইলে দুই অণুর জন্য আয়তনে পরিমাণ হইবে দুই, ইত্যাদি। আয়তনের পরিমাণ c.c. হিসাবে ধরা হইলে উল্লিখিত সমীকরণ দেখিয়া বলা যায়, এক c.c হাইড্রোজেনের সঙ্গে এক c.c. ক্লোরিনের মিলনে দুই c.c. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস তৈরী হইবে অথবা দুই আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন অক্সিজেনের সংযোগে দুই আয়তন বাষ্প উৎপন্ন হইবে। তৃতীয় সমীকরণ দৃষ্টে জানা যায় যে দুই আয়তন নাইট্রোজেন এবং তিন আয়তন হাইড্রোজেন দুই আয়তন অ্যামোনিয়া গঠন করে।

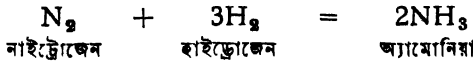
সমীকরণের অসম্পূর্ণতা
(Limitation of Equation)

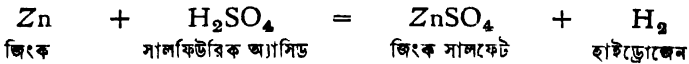
সমীকরণ দ্বারা রাসায়নিক বিক্রিয়ার অনেক মূল্যবান তথ্য জানা সম্ভব হইলেও সব তথ্য জানা যায় না। **সমীকরণ দ্বারা বিক্রিয়ার পরিবেশ, সময় এবং বিকারক ও উৎপন্ন দ্রব্যের সম্পূর্ণ ভৌতিক ও রাসায়নিক ধর্ম ইত্যাদি জানা সম্ভব হয় না।**

(i) **কি কি প্রধান সর্তে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে অর্থাৎ রাসায়নিক পরিবর্তনের প্ররোচক কি সমীকরণ তাহা ব্যক্ত করিতে অক্ষম।**

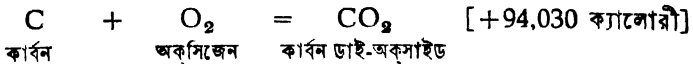
$2H_2$	+	O_2	=	H_2O
হাইড্রোজেন		অক্সিজেন		জল

বিদ্যুৎস্পর্শ ছাড়া যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত হইয়া জল গঠনে অক্ষম এই সমীকরণ দেখিয়া তাহা জানা যায় না।

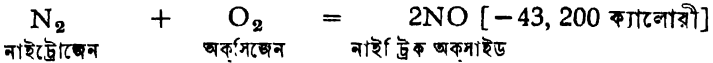
$CaCO_3$	=	CaO	+	CO_2
চুনা পাথর বা ক্যালসিয়াম কার্বনেট		ক্যালসিয়াম অক্সাইড বা চুন		কার্বন ডাই-অক্সাইড

চুনা পাথর ভাঙ্গিয়া চুন ও কার্বন ডাই-অক্সাইড তৈরী করার জন্য যে তাপের প্রয়োজন সমীকরণ তাহা ব্যক্ত করিতে অক্ষম।

$N_2 + 3H_2 = 2NH_3$
নাইট্রোজেন হাইড্রোজেন অ্যামোনিয়া

নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন মিশ্রণ প্রায় 550°C তাপাংকে উত্তপ্ত করিয়া 200 বায়ুর চাপ দিলে যে অ্যামোনিয়া তৈরী হয় সমীকরণ দেখিয়া তাহা বলা যায় না।

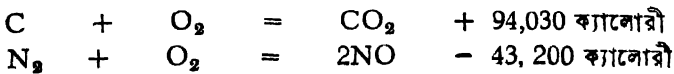
$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$
জিংক সালফিউরিক অ্যাসিড জিংক সালফেট হাইড্রোজেন

জিংকের সঙ্গে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় যে হাইড্রোজেন তৈরী হয় সমীকরণে তাহার কোন উল্লেখ করা সম্ভব নয়।

(ii) বিক্রিয়ার ফলে তাপের সৃষ্টি হয় বা অভাব ঘটে সমীকরণ হইতে তাহা জানার উপায় নাই।

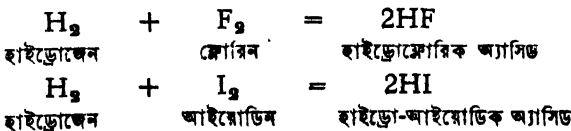
$C + O_2 = CO_2$ [+94,030 ক্যালোরী]
কার্বন অক্সিজেন কার্বন ডাই-অক্সাইড

কার্বন ও অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড গঠনের ক্ষেত্রে 94,030 ক্যালোরী তাপ সৃষ্টি হয়।

$N_2 + O_2 = 2NO$ [−43, 200 ক্যালোরী]
নাইট্রোজেন অক্সিজেন নাইট্রিক অক্সাইড

নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন সংযোগে নাইট্রিক অক্সাইড তৈরী হওয়ার সময় −43, 200 ক্যালোরী তাপের অভাব ঘটে অর্থাৎ এই তাপ বাহির হইতে সংগ্রহ করা হয়।

উপরের বিক্রিয়া দুইটির ক্ষেত্রে তাপের উদ্ভব বা অভাব সমীকরণ দ্বারা ব্যক্ত হয় না। তাই তাপের উদ্ভব বা অভাব প্রকাশের জন্য অনেক ক্ষেত্রে নিম্নোক্তভাবে সমীকরণ প্রকাশ করা হয়। যথা :

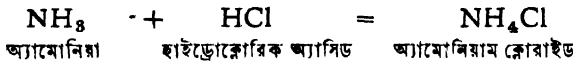
$C + O_2 = CO_2$ + 94,030 ক্যালোরী
$N_2 + O_2 = 2NO$ − 43, 200 ক্যালোরী

(iii) রাসায়নিক বিক্রিয়ার জন্য কত সময়ের প্রয়োজন হয় সমীকরণ তাহা প্রকাশ করিতে পারে না।

$H_2 + F_2 = 2HF$
হাইড্রোজেন ফ্লোরিন হাইড্রোফ্লোরিক অ্যাসিড

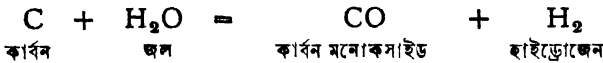
$H_2 + I_2 = 2HI$
হাইড্রোজেন আইয়োডিন হাইড্রো-আইয়োডিক অ্যাসিড

উল্লিখিত বিক্রিয়া দুইটিতে হাইড্রোজেন যে ক্লোরিনের সঙ্গে প্রচণ্ড বেগে বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গঠন করে, পক্ষান্তরে আইয়োডিনের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রো-আয়োডিক অ্যাসিড যে অতি ধীরে ধীরে গঠিত হয়, সমীকরণ দেখিয়া তাহা জানিবার কোন উপায় নাই।

(iv) বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলি বিক্রিয়ার আগে ও পরে কিরূপ ভৌত অবস্থায় থাকে সমীকরণ হইতে তাহা জানা যায় না।

$$NH_3 + HCl = NH_4Cl$$

অ্যামোনিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড

গ্যাসীয় অ্যামোনিয়া তরল হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া যে কঠিন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড গঠন করে সমীকরণ দ্বারা তাহা বোঝা যায় না।

$$C + H_2O = CO + H_2$$

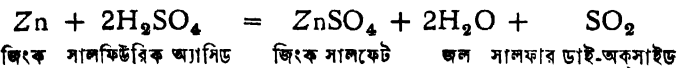
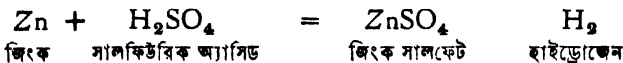
কার্বন জল কার্বন মনোকসাইড হাইড্রোজেন

অগ্নিতপ্ত কঠিন অঙ্গারের উপরে জলীয় বাষ্প চালাইয়া যে গ্যাসীয় কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন তৈরী হয় উপরের সমীকরণ দেখিয়া তাহা জানা যায় না।

(v) বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির ঘনত্ব বিক্রিয়ার আগে ও পরে কিরূপ থাকে সমীকরণ তাহা প্রকাশ করিতে পারে না।

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 \quad H_2$$

জিংক সালফিউরিক অ্যাসিড জিংক সালফেট হাইড্রোজেন

$$Zn + 2H_2SO_4 = ZnSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

জিংক সালফিউরিক অ্যাসিড জিংক সালফেট জল সালফার ডাই-অক্সাইড

তরল সালফিউরিক অ্যাসিড ও জিংকের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন তৈরী হয়, পক্ষান্তরে ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও উত্তাপে যে সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী হয় উপরের সমীকরণ দুইটি দেখিয়া তাহা বলা যায় না।

(vi) বিক্রিয়ায় ফলে প্রাপ্ত বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলি নিজেদের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটাইয়া আবার বিকারকে পরিণত হয় কিনা অর্থাৎ ইহা প্রতিমুখী বিক্রিয়া (Reversible reaction) ঘটে কিনা সমীকরণ দৃষ্টে তাহা জানিবার উপায় নাই।

$$NH_4Cl = NH_3 + HCl$$

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড অ্যামোনিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড

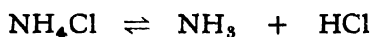
$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

ক্যালসিয়াম কার্বনেট ক্যালসিয়াম অক্সাইড কার্বন ডাই-অক্সাইড

উত্তাপে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ভাঙ্গিয়া যে অ্যামোনিয়া এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড তৈরী হয় তাহা আবার নিজেদের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটাইয়া অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয়। অনুরূপভাবে বিক্রিয়ালব্ধ ক্যালসিয়াম অক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড আবার ক্যালসিয়াম কার্বনেট গঠন করে। সমীকরণ দৃষ্টে এরূপ প্রতিমুখী বিক্রিয়ার কথা জানা যায় না।

প্রতিমুখী বা রিভারসিব্‌ল্‌ বিক্রিয়া সমতা চিহ্ন (=) দ্বারা প্রকাশ না করিয়া প্রতিমুখী চিহ্ন ($\rightleftharpoons$) দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যথা:

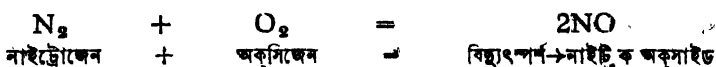
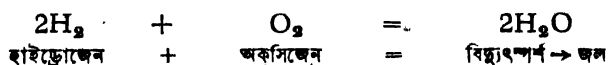
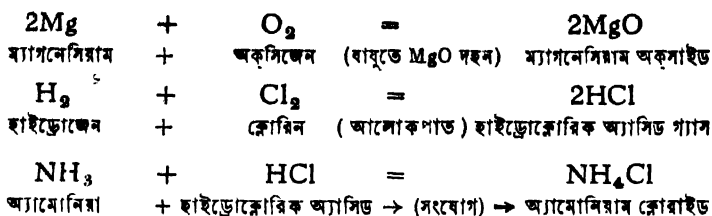
$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl$$

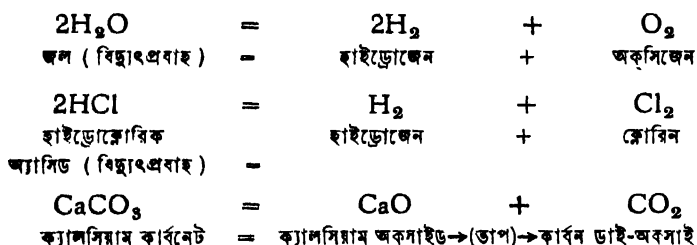
$$CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2$$

রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাধারণ শ্রেণীবিভাগ
(General Classification of Chemical Reactions)

বিভিন্ন পদ্ধতিতে যে সমস্ত রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে সেগুলিকে কয়েকটি সাধারণ শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায়। যথা:

1. **প্রত্যক্ষ সংযোগ বা সংশ্লেষণ পদ্ধতি বা সংযুক্তি (Direct union or combination or synthesis): একাধিক বিকারক দ্রব্যের প্রত্যক্ষ সংযোগে যে সমস্ত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় একটি নতুন পদার্থ গঠিত হয় তাহাকে বলা হয় সংশ্লেষণ বা সংযোগ পদ্ধতি তথা কম্বিনেশন বা সিনথেসিস।** হাইড্রোজেনের সঙ্গে অক্সিজেন প্রত্যক্ষভাবে সংযুক্ত করিয়া সেই মিশ্রণে বিদ্যুৎপ্রবাহ সঞ্চারিত করিলে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং জল উৎপন্ন হয়। হাইড্রোজেনের সঙ্গে নাইট্রোজেন এবং অক্সিজেনের সঙ্গে নাইট্রোজেনও প্রত্যক্ষভাবে সংযুক্ত তথা মিশ্রিত করিয়া অনুরূপভাবে বিদ্যুৎ স্পর্শে অ্যামোনিয়া ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এরূপ বিক্রিয়া ঘটে সংযুক্ত বা সংশ্লেষণী পদ্ধতিতে। যথা:

$2H_2$	+	O_2	=	$2H_2O$
হাইড্রোজেন	+	অক্সিজেন	=	বিদ্যুৎস্পর্শ → জল
N_2	+	$3H_2$	=	$5NH_3$
নাইট্রোজেন	+	হাইড্রোজেন	=	বিদ্যুৎস্পর্শ→অ্যামোনিয়া
N_2	+	O_2	=	$2NO$
নাইট্রোজেন	+	অক্সিজেন	=	বিদ্যুৎস্পর্শ→নাইট্রিক অক্সাইড

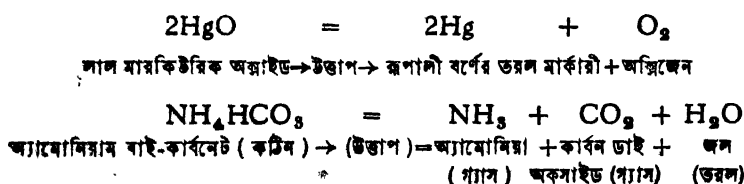
$2Mg$	+	O_2	=	$2MgO$
ম্যাগনেসিয়াম	+	অক্সিজেন	(বায়ুতে MgO দহন)	ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড
H_2	+	Cl_2	=	$2HCl$
হাইড্রোজেন	+	ক্লোরিন	(আলোকপাত)	হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস
NH_3	+	HCl	=	NH_4Cl
অ্যামোনিয়া	+	হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড →	(সংযোগ) →	অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড

2. **প্রত্যক্ষ বিভঞ্জন বা বিযুক্তি বা বিশ্লেষণ পদ্ধতি (Direct decomposition or analysis) :** বিশ্লেষণ পদ্ধতি সংশ্লেষণ পদ্ধতির বিপরীতধর্মী বিক্রিয়া। **রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে কোন একটি রাসায়নিক দ্রব্যের অণু ভাঙ্গিয়া বা বিযুক্ত হইয়া বা বিশ্লেষিত হইয়া যদি একাধিক সরল অণু গঠিত অর্থাৎ মূল অণুর বিযুক্ত উপাদানে পরিণত হয় তাহা হইলে এরূপ বিক্রিয়াকে বিশ্লেষণ বা বিভঞ্জন পদ্ধতি তথা ডিকম্পোজিশন বা অ্যানালিসিস বলা হয়।** জল অথবা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের মধ্যে বিদ্যুৎস্পর্শ দিলে জলের যৌগিক অণু ভাঙ্গিয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মৌলিক অণু এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের অণু ভাঙ্গিয়া হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন অণু গঠিত হয়। যথা :

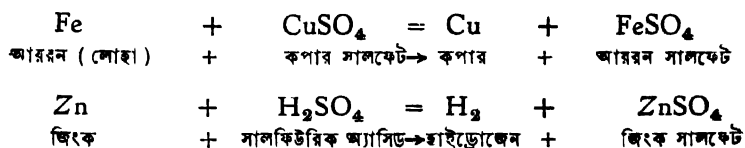
$2H_2O$	=	$2H_2$	+	O_2
জল (বিদ্যুৎপ্রবাহ)	=	হাইড্রোজেন	+	অক্সিজেন
$2HCl$	=	H_2	+	Cl_2
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (বিদ্যুৎপ্রবাহ)	=	হাইড্রোজেন	+	ক্লোরিন
$CaCO_3$	=	CaO	+	CO_2
ক্যালসিয়াম কার্বনেট	=	ক্যালসিয়াম অকসাইড→(তাপ)→		কার্বন ডাই-অকসাই

লাল মারকিউরিক অক্সাইড উত্তপ্ত করিলে বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে চকচকে তরল মার্কারী ও অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেট উত্তপ্ত করিলে বিশ্লেষণ বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া, কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয়। যথা :

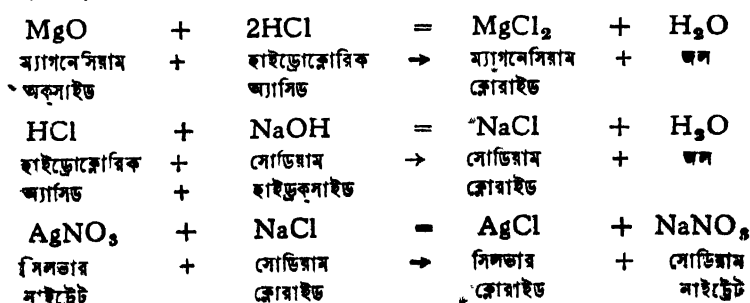
$$2HgO = 2Hg + O_2$$

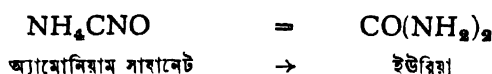
লাল মারকিউরিক অক্সাইড→উত্তাপ→ রূপালী বর্ণের তরল মার্কারী+অক্সিজেন

$$NH_4HCO_3 = NH_3 + CO_2 + H_2O$$

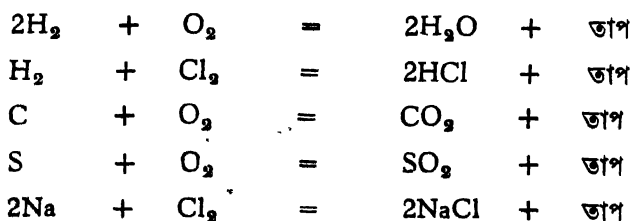
অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেট (কঠিন) → (উত্তাপ)=অ্যামোনিয়া (গ্যাস) +কার্বন ডাই অক্সাইড (গ্যাস) + জল (তরল)

3. প্রতিস্থাপন পদ্ধতি (Displacmeent, Replacement or Substitution) : যে-বিক্রিয়ায় কোন একটি মৌলিক পদার্থ কোন যৌগিক পদার্থের একটি মৌলিক অণু বা পরমাণুকে অপসারিত করিয়া অপসৃত মৌলের স্থান দখল করে সেই বিক্রিয়াকে প্রতিস্থাপন পদ্ধতি অথবা ডিসপ্লেসমেন্ট বা সাব্‌স্টিটিউশন বলা হয়। তুঁতের দ্রবণ অর্থাৎ কপার সালফেট দ্রবণে লোহার ছুরি ডুবাইলে ছুরির গায়ে তামার সর পড়ে অর্থাৎ ছুরির লোহা কপার সালফেটের কপার প্রতিস্থাপিত করিয়া লোহার সালফেট গঠন করে। অনুরূপভাবে জিংক মৌল সালফিউরিক অ্যাসিডের হাইড্রোজেন অপসারিত করিয়া জিংক সালফেট গঠন করে।

Fe	+	$CuSO_4$	=	Cu	+	$FeSO_4$
আয়রন (লোহা)	+	কপার সালফেট	→	কপার	+	আয়রন সালফেট
Zn	+	H_2SO_4	=	H_2	+	$ZnSO_4$
জিংক	+	সালফিউরিক অ্যাসিড	→	হাইড্রোজেন	+	জিংক সালফেট

4. পারস্পরিক বিভঞ্জন বা বিনিময় পদ্ধতি (Double decomposition or mutual exchange or Metathesis) : যে পদ্ধতিতে বিকারক অণুগুলির উপাদান তথা মৌল ও মূলকসমূহ পরস্পরের স্থান বিনিময় করিয়া নতুন অণু গঠন করে সেই বিক্রিয়াকে বিনিময় বিক্রিয়া বা পারস্পরিক বিভঞ্জন বা ডাবল্ ডিকম্পোজিশন পদ্ধতি বলা হয়। বস্তুত, ইহা মূলত বিশ্লেষণ ও সংশ্লেষণ বিক্রিয়ার (analysis and synthesis) সংযুক্ত পদ্ধতি। সাধারণত অ্যাসিড, বেস (ক্ষার) ও লবণের (সল্ট) ক্ষেত্রে এরূপ পারস্পরিক বিক্রিয়া ঘটে।

MgO	+	$2HCl$	=	$MgCl_2$	+	H_2O
ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড	+	হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড	→	ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড	+	জল
HCl	+	$NaOH$	=	$NaCl$	+	H_2O
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড	+	সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড	→	সোডিয়াম ক্লোরাইড	+	জল
$AgNO_3$	+	$NaCl$	=	$AgCl$	+	$NaNO_3$
সিলভার নাইট্রেট	+	সোডিয়াম ক্লোরাইড	→	সিলভার ক্লোরাইড	+	সোডিয়াম নাইট্রেট

5. পারমাণবিক পুনর্গঠন বা সমাংশধর্মী পদ্ধতি (Re-arrangement of atoms or Isomerism) ঃ যে পদ্ধতিতে একটি বিকারক অণুর পরমাণুগুলি নতুনভাবে পুনর্গঠিত হইয়া নতুন ধর্মের একটি মাত্র অণু অর্থাৎ নতুন দ্রব্য উৎপন্ন করে সেই বিক্রিয়াকে সমাংশধর্মী পদ্ধতি বলা হয়। এরূপ বিক্রিয়ায় বিকারক অণু এবং উৎপন্ন অণুর পরমাণুগুলির অনুপাত বিক্রিয়ায় আগে ও পরে একই থাকে। জৈব পদার্থের মধ্যে সাধারণত এরূপ বিক্রিয়া ঘটিতে দেখা যায়। অ্যামোনিয়াম সায়ানেট নামের দ্রব্যকে উত্তপ্ত করিলে ইউরিয়া উৎপন্ন হয়। যথা :

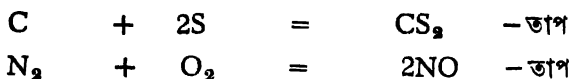
NH_4CNO	=	$CO(NH_2)_2$
অ্যামোনিয়াম সায়ানেট	→	ইউরিয়া

6. তাপোৎপাদক বা এক্সোথারমিক বিক্রিয়া (Exothermic Reaction) ঃ যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় তাপ উৎপন্ন হয় সেইরূপ বিক্রিয়াকে তাপোৎপাদক বা এক্সোথারমিক বিক্রিয়া বলে।

অক্সিজেন (O_2) ও হাইড্রোজেনের ($2H_2$) বিক্রিয়ায় জল ($2H_2O$) তৈরী হওয়ার সময় তাপ সৃষ্টি হয়। সেইরূপ হাইড্রোজেন (H_2) ও ক্লোরিনের (Cl_2) সংযোগে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl) ; কার্বন (C) ও অক্সিজেনের (O_2) সংযোগে কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) ; সালফার (S) ও অক্সিজেনের (O_2) সংযোগে সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) ; সোডিয়াম ($2Na$) ও ক্লোরিনের (Cl_2) সংযোগে সোডিয়াম ক্লোরাইড ($NaCl$) ইত্যাদি উৎপাদনে তাপ সৃষ্টি হয়। যথা :

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O + \text{তাপ}$$
$$H_2 + Cl_2 = 2HCl + \text{তাপ}$$
$$C + O_2 = CO_2 + \text{তাপ}$$
$$S + O_2 = SO_2 + \text{তাপ}$$
$$2Na + Cl_2 = 2NaCl + \text{তাপ}$$

7. তাপ-হারক বা এণ্ডোথারমিক বিক্রিয়া (Endothermic Reaction) ঃ যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় তাপ হ্রাস পায় তাহাকে তাপ-হারক বা এণ্ডোথারমিক বিক্রিয়া বলা হয়।

কার্বন (C) ও সালফারের (2S) বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-সালফাইড (CS_2), নাইট্রোজেন (N_2) ও অক্সিজেন (O_2) সংযোগে নাইট্রিক অক্সাইড (NO), ইত্যাদির গঠন বিক্রিয়ায় তাপ হ্রাস পায়। যথা:

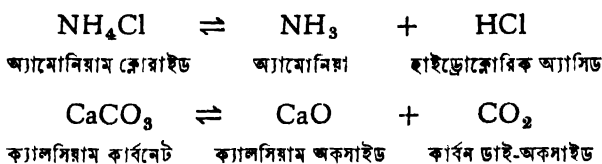
$$C + 2S = CS_2 \quad -\text{তাপ}$$

$$N_2 + O_2 = 2NO \quad -\text{তাপ}$$

8. **প্রতিমুখী বিক্রিয়া বা রিভার্সিবল রি-অ্যাকসন (Reversible reaction):** **যে বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ালব্ধ একাধিক অণু পরস্পরে বিক্রিয়া ঘটাইয়া পুনরায় মূল পদার্থ বা বিকারক পুনর্গঠিত করার পদ্ধতিতে বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের মধ্যে সাম্য অবস্থা স্থাপন করে তাহাকে প্রতিমুখী বা উভমুখী বা রিভারসিবল্ বিক্রিয়া বলা হয়।** এরূপ বিক্রিয়ায় বিকারক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের সাম্যাবস্থা প্রতিমুখী চিহ্ন ($\rightleftharpoons$) দ্বারা নির্দেশ করা হয়। যথা:

$$NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl$$

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড — অ্যামোনিয়া — হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড

$$CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2$$

ক্যালসিয়াম কার্বনেট — ক্যালসিয়াম অক্সাইড — কার্বন ডাই-অকসাইড

এরূপ বিক্রিয়ায় বিক্রিয়ালব্ধ যে-কোন একটি পদার্থকে অপসারিত করিয়া বিক্রিয়া সম্পূর্ণ করা সম্ভব।

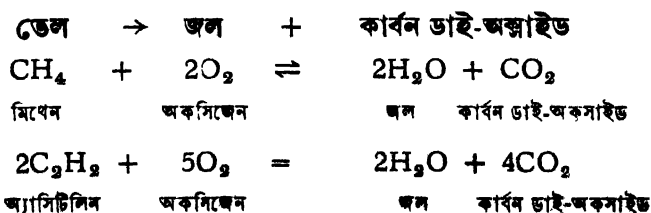
9. **দহন বা কম্বাশন** (Combustion): আলোক ও উত্তাপ সৃষ্টি করিয়া যে সকল রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে তাহাকে দহন বা কম্বাশন বলা হয়। সাধারণত কয়লা, তেল ইত্যাদি কার্বনসহ গঠিত পদার্থ বায়ুর অকসিজেনের সঙ্গে আলোক ও উত্তাপ সৃষ্টি করিয়া যে বিক্রিয়া ঘটায় তাহা দহন বা **কম্বাশনের উদাহরণ**। এরূপ কার্বনসহ পদার্থের দহনের ফলে জল ও কার্বন ডাই-অকসাইড তৈরী হয়।

তেল → জল + কার্বন ডাই-অক্সাইড

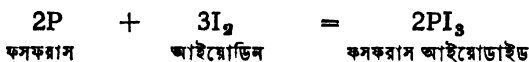
$$CH_4 + 2O_2 \rightleftharpoons 2H_2O + CO_2$$

মিথেন — অকসিজেন — জল — কার্বন ডাই-অকসাইড

$$2C_2H_2 + 5O_2 = 2H_2O + 4CO_2$$

অ্যাসিটিলিন — অকসিজেন — জল — কার্বন ডাই-অকসাইড

অক্সিজেন ছাড়াও কোন কোন ক্ষেত্রে দহন ঘটে। আর্সেনিক ও ফসফরাস ক্লোরিন গ্যাসের মধ্যে তাপ ও আলোক সৃষ্টি করিয়া জ্বলিয়া উঠে, সাদা ফসফরাস আইয়োডিনের সংযোগে জ্বলিয়া ওঠে। যথা :

$$2P + 3I_2 = 2PI_3$$

ফসফরাস   আইয়োডিন   ফসফরাস আইয়োডাইড

যে পদার্থ বায়ুর সংযোগে উত্তাপের ফলে জ্বলিয়া ওঠে তাহাকে **দহনশীল বা দাহ্য পদার্থ** (combustible) বলা হয়। যথা : কয়লা, তেল, মোম, হাইড্রোজেন, কার্বন মনোক্সাইড, মিথেন ইত্যাদি।

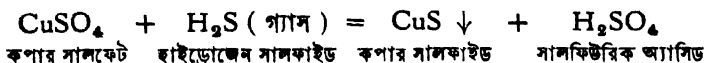
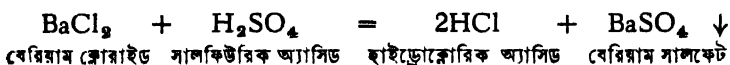
যে সকল পদার্থ নিজে দাহ্য নয় কিন্তু অপরের দহন ক্রিয়ায় সাহায্য করে তাহাকে **দহন সমর্থক** বা **দাহক** (supporter of combustion) বলা হয়। অক্সিজেন একটি দাহক পদার্থ। আর্সেনিক, অ্যান্টিমনী, ফসফরাস ইত্যাদির ক্ষেত্রে ক্লোরিনও একটি দাহক পদার্থ।

10. **অধঃক্ষেপণ বা প্রেসিপিটেশন** (Precipitation) : **দুই বা ততোধিক দ্রবণের মিশ্রণের ফলে পারস্পরিক বিভঞ্জন বা বিনিময় ক্রিয়ায় যদি একটি অদ্রবণীয় কঠিন পদার্থ সৃষ্টি হইয়া বিক্রিয়ালব্ধ দ্রবণের তলায় থিতাইয়া পড়ে তাহা হইলে এরূপ বিক্রিয়াকে অধঃক্ষেপণ পদ্ধতি বলা হয়।** অধঃক্ষেপণ ক্রিয়া অধঃমুখ কীলকের ($\downarrow$) সাহায্যে নির্দিষ্ট করা হয়। যথা :

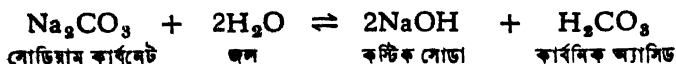
$$BaCl_2 + H_2SO_4 = 2HCl + BaSO_4 \downarrow$$

বেরিয়াম ক্লোরাইড   সালফিউরিক অ্যাসিড   হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড   বেরিয়াম সালফেট

$$CuSO_4 + H_2S\ (\text{গ্যাস}) = CuS \downarrow + H_2SO_4$$

কপার সালফেট   হাইড্রোজেন সালফাইড   কপার সালফাইড   সালফিউরিক অ্যাসিড

11. **আর্দ্র-বিশ্লেষণ বা হাইড্রোলিসিস** (Hydrolysis) : **জলের সংযোগে কোন পদার্থের আংশিক বা পূর্ণ বিশ্লেষণ ঘটিলে সেরূপ বিক্রিয়াকে আর্দ্র-বিশ্লেষণ বা হাইড্রোলিসিস বলা হয়।** সোডিয়াম কার্বনেট জলের সংযোগে কষ্টিক সোডা ও কার্বনিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। আর্দ্র-বিশ্লেষণের বিক্রিয়া সাধারণত প্রতিমুখী। যথা :

$$Na_2CO_3 + 2H_2O \rightleftharpoons 2NaOH + H_2CO_3$$

সোডিয়াম কার্বনেট   জল   কষ্টিক সোডা   কার্বনিক অ্যাসিড

[**তৃতীয় ভাগে আর্দ্র-বিশ্লেষণের বিস্তৃত আলোচনা করা হইয়াছে।**]

12. **অনুঘটন বা ক্যাটালিসিস** (Catalysis) : যে বিক্রিয়ায় স্বল্প পরিমাণে কোন পদার্থ যোগ করিয়া বিক্রিয়ার গতি ত্বরান্বিত বা মন্দীভূত করা যায় এবং বিক্রিয়ার পরে এই স্বল্পমাত্রিক পদার্থটি নিজস্ব রাসায়নিক গঠনে অবিকৃত থাকে তাহাকে অনুঘটন পদ্ধতি বা ক্যাটালিসিস বলা হয় এবং ব্যবহৃত পদার্থটিকে অনুঘটক বা ক্যাটালিস্ট (catalyst) বলা হয়।

যে অনুঘটক বা ক্যাটালিস্ট বিক্রিয়া ত্বরান্বিত করে তাকে **পজেটিভ ক্যাটালিস্ট** (Positive catalyst) এবং যে অনুঘটক বিক্রিয়ার গতি মন্দীভূত করে তাকে **নেগেটিভ ক্যাটালিস্ট** (Negative catalyst) বলা হয়।

ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অকসাইড (MnO_2), পটাসিয়াম ক্লোরেট ($KClO_3$) ভাঙ্গিয়া অকসিজেন (O_2) উৎপাদন, প্ল্যাটিনাম সালফার ডাই-অকসাইড (SO_2) ও অকসিজেন (O_2) সংযোগে সালফার ট্রাই-অকসাইড (SO_3) গঠন এবং সক্রিয় অঙ্গার (activated charcoal) হাইড্রোজেন (H_2) ও ক্লোরিন (Cl_2) সংযোগে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড (HCl) গঠনের বিক্রিয়া ত্বরান্বিত করে বলিয়া ইহাদের পজেটিভ ক্যাটালিস্ট বলা হয়। হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2) ভাঙ্গিয়া জল (H_2O) ও অক্সিজেন (O_2) গঠনের বিক্রিয়া মন্দীভূত করার উদ্দেশ্যে ফসফরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) ব্যবহার করা হয় বলিয়া ইহাকে নিগেটিভ ক্যাটালিস্ট বলা হয়।

Questions to be discussed

1. What do you understand by a chemical reactions ? How would you explain such reactions with the help of equation ? Give three illustrations.

2. What are the significance of a chemical reaction ? What are its limitation ?

3. What does a chemical equation indicate ? Illustrate your answer with reference to the equation $N_2+3H_2=2NH_3$. What this equation fails to state about the chemical reaction involved ?

[W. B. H. S· examination, 1960]

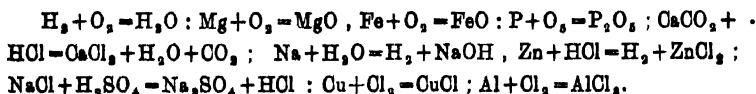
4. **Define and explain with examples :**

What you do understand by synthesis : analysis ; double decomposition and substitution.

5. What are the products of the following reactions ?

$C+O_2-$	$AgNO_3+HCl=$
$Fe+S=$	$FeCl_2+H_2S=$
$H_2+Cl_2=$	$Na_2O+SO_3=$
$Cu+Cl_2=$	$S+O_2=$
$Mg+Cl_2=$	$C+H_2O=$......
$Na+H_2O=$	$Mg+O=$......
$HCl+NaOH=$	$Fe+Cl_2=$......
$Zn+H_2SO_4=$	$CuO+H_2=$......

6. Balance the following equations with exact numbers of molecules required.

$H_2+O_2=H_2O$: $Mg+O_2=MgO$, $Fe+O_2=FeO$: $P+O_5=P_2O_5$; $CaCO_3+HCl=CaCl_2+H_2O+CO_2$; $Na+H_2O=H_2+NaOH$, $Zn+HCl=H_2+ZnCl_2$; $NaCl+H_2SO_4=Na_2SO_4+HCl$: $Cu+Cl_2=CuCl$; $Al+Cl_2=AlCl_3$.

7. What is chemical equation ? State all that is implied in the equation $2H_2+O=2H_2O$ and give experimental evidence for each part of your statement. [*H. S. 1962*]

8. Explain combustion and chemical equation. [*H. S. 1964*]

9. Enumerate all the information (qualitative, gravimetric and volumetric) that is given by the equation $C+O_2=CO_2$; and describe how the gravimetric part may be established experimentally. [*H. S. 1964*]

বায়ুর উপাদান ও গঠন

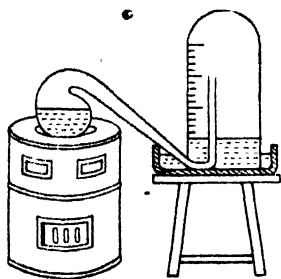
প্রাচীনকালে চীনদেশবাসীদের ধারণা ছিল যে বায়ুর মধ্যে 'ইন' ও 'ইয়ঙ' নামে দুইটি দৈত্য বাস করে। 'ইন্' অতি নিরীহ আর 'ইয়ঙ' খুব রাক্ষুসে। তিন হাজার বছর পরে এই 'ইন্' ও 'ইয়ঙের' প্রকৃত পরিচয় আবিষ্কার করেন বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার। তিনি পরীক্ষা করিয়া দেখান যে এই 'ইন্' হইল নিষ্ক্রিয় নাইট্রোজেন এবং 'ইয়ঙ' সক্রিয় অক্‌সিজেন। বিজ্ঞানী শীলি, প্রিসট্‌লী এবং বিশেষভাবে ল্যাভয়সিয়ারের গবেষণার ফলে জানা যায় যে বায়ু প্রধানত মৌলিক পদার্থ অক্‌সিজেন ও নাইট্রোজেন দ্বারা গঠিত।

বায়ুর উপাদান ঃ ল্যাভয়সিয়ারের পরীক্ষা
(Composition of air : Lavoisier's Experiment)

ল্যাভয়সিয়ার যে-পরীক্ষা দ্বারা বায়ুতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের অস্তিত্ব ও আয়তন প্রমাণ করেন তাহা এইরূপ ঃ

প্রথম পর্যায়ে পরীক্ষা ঃ ল্যাভয়সিয়ার পরীক্ষার জন্য একটি লম্বা-গলা রেটর্ট বা বকযন্ত্র ব্যবহার করেন। এরূপ রেটর্টের গলাটি লম্বা ও ঊর্ধ্বমুখী। রেটর্টটি মধ্যে তিনি 4 আউন্স পারদ বা মার্কারী ভরেন এবং রেটর্ট একটি স্টোভের উপর বসাইয়া দেন। রেটর্টের লম্বা-গলা মুখটি রাখেন একটি পারদ-ভরা বড় বাটির উপরে। একটি **বেলজার** (bell-jar) [অর্থাৎ কাচের তৈরী একমুখ বন্ধ একটি বড় চোঙ] দিয়া রেটর্টের ঊর্ধ্বমুখী গলাটি ঢাকিয়া দেন [পর পৃষ্ঠায় চিত্র লক্ষ্য কর]। পরীক্ষা-যন্ত্র এইভাবে সাজাইয়া একটানা 12 দিন তিনি রেটর্টের পারদ উত্তপ্ত করেন। রেটর্ট ঠাণ্ডা করার পরে দেখা যায় ঃ

(i) রূপালী বর্ণের তরল পারদের উপরে একটি কঠিন লাল রঙের সর পড়িয়াছে। [এই লাল সর পারদের অক্‌সাইড যৌগ—HgO]

(ii) বেলজারের বায়ু 8 ঘন ইঞ্চি কমিয়া গিয়াছে এবং 8 ঘন ইঞ্চি পারদ বাটি হইতে বেলজারের সেই শূন্য স্থানে প্রবেশ করিয়াছে।

ল্যাভয়সিয়ারের প্রথম পরীক্ষা

(iii) বেলজারের যে আয়তনে বায়ু ছিল এই 8 ঘন ইঞ্চি আয়তন বায়ু তাহার পাঁচ ভাগ আয়তনের এক ভাগের সমান।

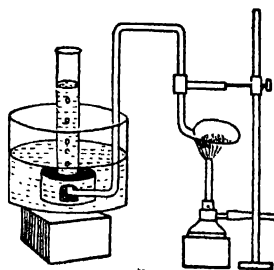
(iv) তিনি বেলজারের অবশিষ্ট চারভাগ বায়ুর মধ্যে :

(ক) একটি প্রদীপ শিখা ধরিলেন,—প্রদীপটি তৎক্ষণাৎ নিভিয়া গেল ; পরে (খ) একটি ইঁদুর রাখিলেন এবং ইঁদুরটিও দম বন্ধ হইয়া মরিয়া গেল।

এই পরীক্ষা হইতে ল্যাভয়সিয়ার সিদ্ধান্ত করিলেন যে, বেলজারের অবশিষ্ট বায়ুতে আগুন জ্বলে না, দমও নেওয়া যায় না। তিনি এই বায়ুর নাম দিলেন নিষ্প্রাণ বায়ু বা 'অ্যাজোট'; পরে এই অ্যাজোটের নাম দেওয়া হয় **নাইট্রোজেন**।

তিনি এই পরীক্ষা হইতে আরও সিদ্ধান্ত করেন যে, **বায়ুর পাঁচ ভাগ আয়তনের মধ্যে চার ভাগ থাকে নাইট্রোজেন।**

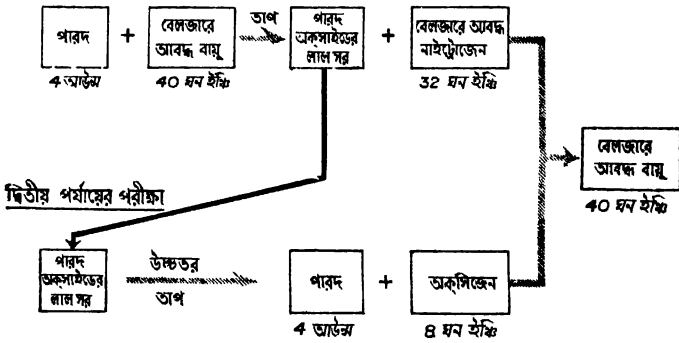
ল্যাভয়সিয়ারের দ্বিতীয় পরীক্ষার চিত্র

দ্বিতীয় পর্যায়ের পরীক্ষা : প্রথম পরীক্ষার পরে তিনি দ্বিতীয় পর্যায়ের পরীক্ষা আরম্ভ করিলেন। প্রথম পরীক্ষায় পারদের যে লাল সর তৈরী হয় তাহা একটি কাচের বাল্‌বে ভরেন এবং বাল্‌বের সঙ্গে একটি লম্বা নির্গম-নল লাগাইয়া দেন (চিত্র দেখ)। নির্গম-নলের মুখটি রাখেন একটি পারদ-ভরা বাটিতে। একটি পারদ-ভরা গ্যাসজার উপুড় করিয়া নির্গম নলের মুখে বসাইয়া দেন। এইভাবে পরীক্ষা-যন্ত্র বসাইয়া বাল্‌বে-ভরা পারদের লাল সর উচ্চ তাপে আবার উত্তপ্ত করেন। উত্তাপের ফলে পারদের কঠিন লাল সর রূপালী তরল পারদে পরিণত হইয়া যায় এবং সরের ভিতর হইতে একটি বর্ণহীন গ্যাস বাহির হইয়া জারে জমা হয়। যতক্ষণ পর্যন্ত একবিন্দু

গ্যাসও নির্গত করা সম্ভব হয় ততক্ষণ পর্যন্ত তিনি পারদের সরভরা বাল্বটি উত্তপ্ত করেন। এই পরীক্ষায় তিনি লক্ষ্য করেন :

(i) যে 4 আউন্স পারদ লইয়া প্রথমে পরীক্ষা সুরু করা হইয়াছিল ঠিক সেই চার আউন্স পারদ আবার পারদের লাল সর উত্তাপের ফলে পারদ হইতে ফেরৎ পাওয়া যায়।

(ii) উত্তাপের ফলে পারদের লাল সর হইতে যে গ্যাস পাওয়া যায় আয়তনে তাহা 8 ঘন ইঞ্চি অর্থাৎ প্রথম পরীক্ষায় বেলজারের যে 8 ঘন ইঞ্চি বায়ু পারদ শুষিয়া নিয়াছিল ঠিক সেই বায়ুই আবার ফেরৎ পাওয়া যায়।

(iii) দেখা যায়, এই বায়ুর মধ্যে প্রদীপ-শিখা অত্যন্ত উজ্জ্বল প্রভায় জ্বলিয়া উঠে এবং এই বায়ুতে অনায়াসে দম নেওয়া যায়।

ল্যাভয়সিয়ারের বায়ুরগঠন - পরীক্ষা

ল্যাভয়সিয়ার পারদের লাল সর হইতে প্রাপ্ত গ্যাসটির নাম দেন **অক্সিজেন** এবং এই গ্যাস বেলজারের বাকী 32 ঘন ইঞ্চি গ্যাসের সঙ্গে মিশাইবার পরে দেখেন যে ঠিক স্বাভাবিক বায়ু আবার তৈরী হইয়াছে—যাহার মধ্যে সাধারণ ভাবে আগুন জ্বলে এবং দমও নেওয়া যায়।

এই পরীক্ষা হইতে বায়ুর গঠন বিশ্লেষণ করিয়া ল্যাভয়সিয়ার সিদ্ধান্ত করেন :

(1) **বায়ু মূলত অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন গ্যাস দ্বারা গঠিত এবং**

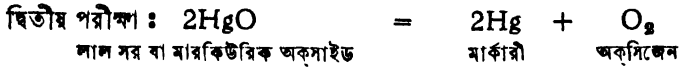
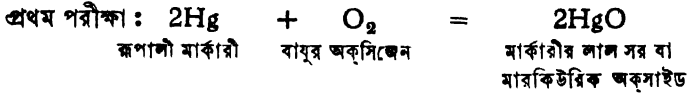
(2) **বায়ুর মধ্যে আছে এক ভাগ আয়তনে অক্সিজেন এবং চার ভাগ আয়তনে নাইট্রোজেন।**

তিনি আরও প্রমাণ করেন যে, অক্সিজেন খুব সক্রিয় এবং এই অক্সিজেনের জন্যই বায়ুতে দম নেওয়া যায় ও আগুন জ্বালানো সম্ভব হয়।

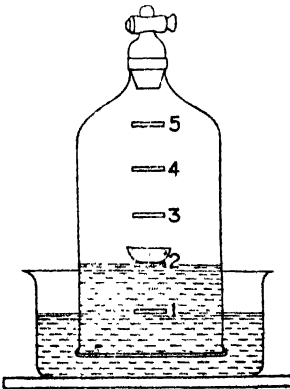
কিন্তু নাইট্রোজেন গ্যাস নিষ্ক্রিয়,—নাইট্রোজেনে আগুন জ্বলে না, দম নেওয়াও যায় না।

ল্যাভয়সিয়ারের পরীক্ষার বিক্রিয়া অনুরূপ :

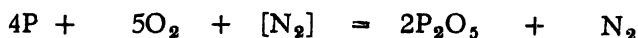
প্রথম পরীক্ষা : $2Hg + O_2 = 2HgO$
রূপালী মার্কারী, বায়ুর অক্সিজেন, মার্কারীর লাল সর বা মারকিউরিক অক্সাইড

দ্বিতীয় পরীক্ষা : $2HgO = 2Hg + O_2$
লাল সর বা মারকিউরিক অক্সাইড, মার্কারী, অক্সিজেন

বায়ুর আয়তনিক গঠন : বেলজারের পরীক্ষা
(Volumetric Composition of Air)

বেলজারের পরীক্ষা (Bell-jar experiment) : বায়ু যে এক ভাগ অক্সিজেন ও চার ভাগ আয়তনের নাইট্রোজেন গ্যাস দ্বারা তৈরী, বেলজারের মধ্যে লোহা, টিন, গন্ধক, ফস্ফরাস ইত্যাদি পোড়াইয়া বিজ্ঞানী শীলি-ই প্রথম তাহা প্রমাণ করেন। শীলির পরীক্ষা খুব সহজেই রসায়নাগারে পুনরাবৃত্তি করা যায়।

পরীক্ষা : একটি জল-ভরা বড় গামলার মত পাত্র বা বেসিন লও এবং ছোট একটি পোরসেলিনের বাটিতে ছোট এক টুকরা ফসফরাস রাখিয়া বাটিটি জলে ভাসাইয়া দাও। উপরের মুখে ছিপি-আঁটা এমন একটি বেলজার দিয়া উপরে ফসফরাসের বাটিটি ঢাকিয়া দাও। জলের সমতল রেখার সমান করিয়া বেলজারের গায়ে রঙিন পেনসিল দিয়া একটি দাগ দাও। বেলজারের জলের উপরের যে অংশটি বায়ুতে ভরা রহিল সেই অংশে পাঁচটি দাগ দিয়া সমান ভাবে পাঁচ ভাগে ভাগ কর। একটি কাচের শলা বুন্সেন দীপে উত্তপ্ত কর এবং বেলজারের ছিপি খুলিয়া উত্তপ্ত শলাটি ফসফরাসের গায়ে লাগাইয়া দাও। ফসফরাস অমনি জ্বলিতে আরম্ভ করিবে। তাড়াতাড়ি বেলজারের মুখে ছিপিটি বায়ু-নীরন্ধ্র করিয়া আঁটিয়া দাও। ফসফরাস কিছুক্ষণ জ্বলিয়া নিভিয়া যাইবে এবং বেলজারটি সাদা ধোয়ায় ভরিয়া উঠিবে। ফসফরাস বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে সংযুক্ত হইয়া ফসফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5) নামের এই সাদা ধোয়া তৈরী করে। বেলজারটি

বায়ুর গঠন
বেলজারের পরীক্ষা

কিছুক্ষণ রাখিয়া দাও। বেলজার ঠাণ্ডা হইলে দেখিবে বেলজারের পাঁচ ভাগের এক ভাগ স্থান জলে ভরিয়া গিয়াছে। বেলজারের এই অবশিষ্ট বায়ুর মধ্যে ছিপি খুলিয়া তাড়াতাড়ি একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি ঢুকাও। পাটকাঠি সঙ্গে সঙ্গেই নিভিয়া যাইবে। কারণ, বেলজারে আবদ্ধ বায়ুর মধ্যে ফসফরাস পুড়িবার ফলে ফসফরাস বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া ফসফরাসের অক্সাইড (P_2O_5) গঠন করে এবং বেলজারের মধ্যে ফসফরাসের দহনের ফলে বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে :

$$4P + 5O_2 + [N_2] = 2P_2O_5 + N_2$$

ফসফরাস + বায়ু (অক্সিজেন + নাইট্রোজেন) ——> ফসফরাস পেন্টক্সাইড + নাইট্রোজেন

বেলজারের মধ্যে যে গ্যাস বাকী থাকে তাহা নাইট্রোজেন : [ফসফরাস বেলজারের ভিতরকার বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে মিলিয়া যে গ্যাস তৈরী করে তাহা ধীরে ধীরে জলে দ্রবীভূত হইয়া যাইবে।]

এই পরীক্ষা হইতেও সুস্পষ্টভাবে প্রমাণিত হয় যে :

বায়ু আয়তন হিসাবে মোটামুটি চার ভাগ নাইট্রোজেন ও এক ভাগ অক্সিজেন গ্যাস সংযোগে তৈরী। অর্থাৎ, আয়তন হিসাবে এক ভাগ আয়তন অক্সিজেন এবং চারভাগ আয়তন নাইট্রোজেন সংযোগে বায়ু গঠিত হয়।

ফসফরাসের বদলে বেলজারের মধ্যে ম্যাগনেসিয়ামের ফিতা, টিন বা লোহা পোড়াইলেও উপরের পরীক্ষায় একই রকম ফল পাওয়া যাইবে।

বায়ুর মধ্যে ধাতুর দহন এবং ধাতুভস্মের ওজন
(Combustion of metal in air)

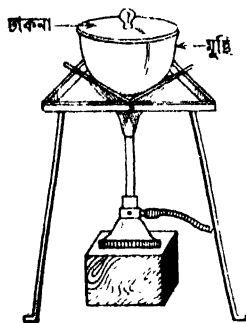
ধাতুভস্মের (Calx) ওজন : কোন ধাতুকে বায়ুতে উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিলে সেই ধাতু ভস্মে পরিণত হয়। ধাতু-ভস্মের ওজন ধাতুর চেয়ে বেশি না কম, সে সম্বন্ধে ল্যাভয়সিয়ারের আগে বিজ্ঞানীদের কোন সুস্পষ্ট ধারণা ছিল না। বরং অনেকে মনে করিতেন যে ধাতুভস্মের ওজন ধাতুর চেয়ে কম। ল্যাভয়সিয়ার তুলাদণ্ডের ব্যবহার করিয়া হাতে-কলমে প্রমাণ করিয়া দেন যে ধাতুভস্মের ওজন ধাতুর চেয়ে বেশি। ধাতু বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে মিশিয়া ধাতুর অক্সাইড তথা ধাতুভস্ম-জাতীয় একটি যৌগিক পদার্থ

গঠন করে। সেইজন্য ধাতুভস্মের ওজন বেশি। কারণ, **ধাতুভস্মের ওজন= ধাতুর ওজন+অক্‌সিজেনের ওজন**। ধতুভস্মের ওজন কত বাড়ে ম্যাগ-নেসিয়াম ধাতুর ক্ষেত্রে সহজেই তাহার পরীক্ষা করা যায়।

পরীক্ষা: একটি সিলিকার মুছি ঢাকনী-সহ তুলাদণ্ডে ওজন কর।

মনে কর: (i) মুছির ওজন $= W_1$

মুছির মধ্যে ম্যাগনেসিয়ামের এক টুকরা ফিতা লও এবং ওজন কর ;

(ii) মুছি+ম্যাগনেসিয়ামের ওজন $= W_2$

এখন ত্রিপদ স্ট্যাণ্ডে বসাইয়া বুন্‌সেন দীপে ম্যাগনেসিয়াম ফিতা-সহ মুছিটি ধীরে ধীরে উত্তপ্ত কর এবং মুছির ঢাকনিটি একটু খোলা রাখ, যেন মুছির মধ্যে বায়ু ঢুকিতে পারে। ম্যাগনেসিয়ামের সমস্ত ফিতাটি ভস্ম হইয়া গেলে মুছিটি ঠাণ্ডা করিয়া ভস্মসহ আবার ওজন কর। ম্যাগনেসিয়াম (Mg) বায়ুর অক্‌সিজেনের (O_2) সঙ্গে যুক্ত হইয়া ম্যাগনেসিয়াম অক্‌সাইডে (MgO) পরিণত হইবে। বিক্রিয়াটি হইবে এইরূপ :

$$2Mg + O_2 = 2MgO$$

ম্যাগনেসিয়াম + অক্‌সিজেন → ম্যাগনেসিয়াম অক্‌সাইড

(iii) মুছি+ম্যাগনেসিয়াম ভস্মের ওজন $= W_3$

মুছির ওজন বাদ দিলে ম্যাগনেসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম ভস্মের ওজন পাওয়া যাইবে। অর্থাৎ, ম্যাগনেসিয়াম ফিতার ওজন $= W_2 - W_1$

এবং ম্যাগনেসিয়াম ভস্মের ওজন $= W_3 - W_1$

সুতরাং ম্যাগনেসিয়ামের ওজন বৃদ্ধি হইবে

$$= (W_3 - W_1) - (W_2 - W_1)$$

এবং ইহাই হইবে অক্‌সিজেনের ওজন।

বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায় যে 6 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম ভস্মীভূত করিলে 10 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম ভস্ম পাওয়া যায়।

ধাতুর সহিত অক্‌সিজেনের সংযোগে ধাতুভস্ম তৈরী হয়। এইরূপ ধাতুভস্মকে বলা হয় **ধাতুর অক্‌সাইড** (metallic oxide)। তাই,

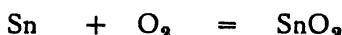
ধাতুভস্মের যৌগিক পদার্থটি অর্থাৎ ধাতুর অক্সাইড কিভাবে গঠিক হয় সহজেই সে-কথা বলা যায়। যেমন: ধাতু+অক্সিজেন→ধাতব অক্সাইড।

$$2Mg + O_2 = 2MgO$$

ম্যাগনেসিয়াম + অক্সিজেন → ম্যাগনেসিয়াম-ভস্ম (MgO)

$$2Hg + O_2 = 2HgO$$

পারদ + অক্সিজেন → পারদের লাল সর (HgO)

$$Sn + O_2 = SnO_2$$

টিন অক্সিজেন টিনভস্ম

বায়ুর উপাদান নির্ণয়ের পরীক্ষা

(Experiments to identify different constituents or ingredints of air):

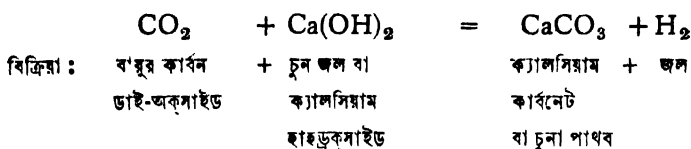
বায়ু কি কি উপাদানে গঠিত সহজেই তার পরীক্ষা করা যায়:

1. একটি ছোট মোম জ্বালাইয়া একটি বাটির উপরে বসাও। সেই বাটিতে জল ঢালিয়া মোমের গোড়াটি জলে ডুবাও। একটি গ্যাসজার বা কাচের গ্লাস জলের উপরে উপুড় করিয়া বসাইয়া মোমবাতিটি ঢাকিয়া দাও। দেখিবে, অল্প কিছুক্ষণ জ্বলিয়া ধীরে ধীরে বাতিটি ম্রিয়মাণ হইয়া নিভিয়া যাইবে। গ্যাসজারের মুখ কাচের চাকতি তথা ঢাকনি দিয়া বন্ধ করিয়া জারের বাকী গ্যাস সংগ্রহ কর। এই গ্যাসের মধ্যে গ্যাসজারের ঢাকনি সরাইয়া একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি ধর। পাটকাঠিটি নিভিয়া যাইবে। কারণ, জারের বাকী গ্যাস নাইট্রোজেন। প্রথম অবস্থায় বাতিটি জ্বলিতে পারে। কারণ, বায়ুতে অক্সিজেন আছে। কিন্তু জারের অক্সিজেন ফুরাইয়া গেলে বাতি নিভিয়া যায়। ইহাতে প্রমাণ হয় যে বায়ুতে **অক্সিজেন** (O_2) আছে এবং গ্যাসজারের মধ্যে যতক্ষণ অক্সিজেন ছিল ততক্ষণ মোমবাতি জ্বলিয়াছে। গ্যাসজারের বাকী যে-বায়ুতে মোমবাতি জ্বলিতে পারে না এবং যার মধ্যে জ্বলন্ত পাটকাঠি নিভিয়া যায় তাহাই **নাইট্রোজেন** (N_2)।

[ল্যাভয়সিয়ারের পরীক্ষাও বায়ুতে অকসিজেন ও নাইট্রোজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করে।]

2. একটি বাটিতে পরিষ্কার ও স্বচ্ছ চুন-জল লও এবং কিছুক্ষণ বায়ুতে রাখিয়া দাও। কিছু সময়ের মধ্যেই চুন-জলের উপরে একটি সাদা সর পড়িবে। বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) বর্তমান এবং চুন-জলে আছে ক্যালসিয়ামের ক্ষার [$Ca(OH)_2$]। এই বস্তু দুইটি যুক্ত হইয়া চুনা-পাথর অর্থাৎ ক্যালসিয়াম কার্বনেট নামের যৌগিক পদার্থ গঠন করিয়াছে এবং ইহার আস্তরণ পড়িয়াছে জলের উপরে। চুন-জলের উপরে এরূপ চুনা-পাথরের সর গঠনে ইহাই প্রমাণিত হয় যে, বায়ুতে **কার্বন ডাই-অক্সাইড** গ্যাস আছে।

$$CO_2 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + H_2$$

বিক্রিয়া :	বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড	+ চুন জল বা ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড	ক্যালসিয়াম কার্বনেট বা চুনা পাথর	+ জল

3. একটি কাচের গ্লাস লও এবং গ্লাসের বাহিরের দিক খুব ভাল করিয়া মুছিয়া দাও। কয়েক টুকরা বরফ লও এবং তাহার সঙ্গে লবণ মিশাও। এই লবণ-মিশ্রিত বরফ গ্লাসের মধ্যে রাখ এবং গ্লাসের মুখটি একটি প্লেট দিয়া ভাল করিয়া ঢাকিয়া দাও। দেখিবে কিছুক্ষণের মধ্যে গ্লাসের বাহিরের গায়ে জলীয় বাষ্প জমিয়া উঠিবে। বরফের সংস্পর্শে গ্লাসের দেয়াল শীতল হইয়া গিয়াছে এবং বায়ুর জলীয় বাষ্প গ্লাসের অতি শীতল গায়ে লাগিয়া জমিয়া উঠিয়াছে। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে, বায়ুতে **জলীয় বাষ্প** (H_2O) আছে।

4. মৌলিক পদার্থ অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন এবং যৌগিক পদার্থ কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও জলীয় বাষ্প ছাড়াও বায়ুতে খুব অল্প পরিমাণে আরও কয়েকটি গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থ পাওয়া যায়। এই মৌলিক পদার্থ কয়টির নাম **হিলিয়াম** (Helium), **নিয়ন** (Neon), **আরগন** (Argon), **ক্রিপটন** (Kripton), ও **জিনন** (Zenon)। এই গ্যাসগুলি অত্যন্ত নিষ্ক্রিয়। এইজন্য এই গ্যাসীয় মৌলিক পদার্থ কয়টিকে বলা হয় **নিষ্ক্রিয়** বা **ইনার্ট গ্যাস** (Inert gas)। নিয়ন গ্যাসে-ভরা বিদ্যুৎবাতি নিশ্চয়ই তোমরা দেখিয়াছ। বেলুন ও বায়ু-যান ভরার জন্য হিলিয়াম ব্যবহার করা হয়। ইহাদের অস্তিত্ব সাধারণ পরীক্ষায় প্রমাণ করা যায় না।

বায়ুর উপাদান ও আয়তনিক অনুপাত

(Ingredients and Volumetric Composition of air)

বিশেষ পরীক্ষা করিয়া দেখা যায় যে, আয়তন হিসাবে বায়ু নিম্নলিখিত উপাদান দ্বারা গঠিত :

উপাদান	শতাংশ
অক্সিজেন	20·60 আয়তন
নাইট্রোজেন	77·16 ,,
জলীয় বাষ্প	1·40 ,,
কার্বন ডাই-অক্সাইড	·04 ,,
হিলিয়াম ও অন্যান্য নিষ্ক্রিয় গ্যাস ...	·80 ,,
	100·00 ,,

মোটামুটি ভাবে বলা যায় যে বায়ু **আয়তন হিসাবে** 21 শতাংশ অক্সিজেন এবং 79 শতাংশ নাইট্রোজেন এবং **ওজন হিসাবে** 22 শতাংশ অক্সিজেন এবং 77 শতাংশ নাইট্রোজেন দ্বারা গঠিত।

বায়ুর বিভিন্ন উপাদানের প্রয়োজনীয়তা

[Functions of important constituents of air]

(i) বায়ুতে **অক্সিজেন** আছে বলিয়া প্রাণিকুলের পক্ষে শ্বাস-প্রশ্বাস লইয়া প্রাণধারণ করা এবং পৃথিবীতে আগুন জ্বালানো সম্ভব হয়।

(ii) **নাইট্রোজেন** থাকার ফলে বায়ুর অক্সিজেনে ধীরে ধীরে দম লওয়া যায় এবং আগুনও ধীরে ধীরে জ্বালানো যায়। নাইট্রোজেন না থাকিলে সব সময়েই ঘন অক্সিজেন পূর্ণ বায়ুতে অত্যন্ত তাড়াতাড়ি দম নিতে হইত এবং আগুনও দ্রুতবেগে দাউ দাউ করিয়া জ্বলিয়া উঠিত। বায়ুর নাইট্রোজেনের সাহায্যে যে সার গঠিত হয় তাহা উদ্ভিদের পক্ষে গ্রহণ করা প্রয়োজন।

(iii) **কার্বন ডাই-অক্সাইড** উদ্ভিদের খাদ্যের প্রধান উপাদান। উদ্ভিদ কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস হইতে সূর্যালোকের সাহায্যে কার্বন খাদ্য হিসাবে গ্রহণ করে। উদ্ভিদ দিনের বেলা প্রধানত কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস গ্রহণ করে এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের কার্বন রাখিয়া অক্সিজেন বর্জন

করে কিন্তু রাত্রিবেলা উদ্ভিদ্ প্রধানত অক্সিজেন গ্রহণ করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড বর্জন করে।

(iv) বায়ুর **জলীয় বাষ্পের** জন্য পৃথিবীর খাল, বিল, পুকুর সূর্যতাপে দ্রুত শুকাইয়া যায় না। জলীয় বাষ্পই বৃষ্টি, তুষার, হিম, শিশির ইত্যাদির কারণ। শস্য-সম্পদের প্রাণও তাই মূলত বায়ুর জলীয় বাষ্প।

বায়ু যৌগিক পদার্থ নয়—একটি মিশ্র পদার্থ

(Air is a mechanical mixture and not a chemical compound)

বায়ুর প্রধান উপাদান যে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন ল্যাভয়সিয়ার ইহা আবিষ্কার করেন বটে কিন্তু বায়ু যৌগিক পদার্থ (compound) না মিশ্র পদার্থ (mixture) সে-কথা তিনি বলিতে পারেন নাই। বায়ু যে যৌগিক পদার্থ নয়,—ইহা যে একটি মিশ্র পদার্থ এখন সহজেই তাহা প্রমাণ করা যায়।

1. **অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণে বায়ু গঠন :** যে-কোন যৌগিক পদার্থ তৈরী করার সময় তাপের উদ্ভব বা অভাব ঘটে ; কিন্তু 4 ভাগ আয়তনের নাইট্রোজেনের সঙ্গে 1 ভাগ আয়তনের অক্সিজেন মিশাইয়া দিলেই বায়ু তৈরী হয়। এরূপ মিশ্রণের সময় তাপের কোন উদ্ভব বা অভাব ঘটে না। কারণ বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ।

2. **বায়ুর উপাদানের অনুপাতে তারতম্য :** কোন যৌগিক পদার্থের মধ্যে উপাদানের অনুপাত এক তিলও কম-বেশী হওয়া সম্ভব নয়। সাধারণত বায়ুতে 1 ভাগ অক্সিজেন ও 4 ভাগ নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। কিন্তু পৃথিবীর ভিন্ন ভিন্ন দেশের এবং বিভিন্ন স্থানের বায়ু পরীক্ষা করিয়া দেখা যায় যে, এই অনুপাতে কিছুটা কমবেশী হয়। বায়ু মিশ্র পদার্থ বলিয়াই এরূপ তারতম্য ঘটা সম্ভব। কিন্তু পৃথিবীর যে-স্থান হইতেই জল আনা হউক না কেন, যৌগিক পদার্থ জলে সব সময় হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজন অনুযায়ী অনুপাত হইবে 1 : 8 ; ইহার তিলমাত্রও পার্থক্য হইবে না। আবদ্ধ ঘরের বায়ুতে বা শিল্পাঞ্চলের বায়ুতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের পরিমাণ বেশি পাওয়া যায়।

3. **তরল বায়ুর বাষ্পায়ন :** বায়ুকে খুব ঠাণ্ডা করিয়া তরলে পরিণত করা যায়। এই তরল বায়ুকে পুনরায় বাষ্পে পরিণত করার সময় বায়ুর নাইট্রোজেন অক্সিজেনের আগে বাষ্পায়িত হয়। কিন্তু বায়ু একটি যৌগিক

পদার্থ হইলে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন একই সঙ্গে এবং সমঘন-ভাবে বাষ্পে পরিণত হইত। যৌগিক পদার্থ জল বাষ্পীভূত হওয়ার সময় কখনও জলের অন্যতম উপাদানরূপে হালকা পদার্থ হাইড্রোজেন ভারী পদার্থ অক্সিজেনের আগে বাষ্পে পরিণত হয় না। বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ বলিয়াই তরল বায়ুর নাইট্রোজেন আগে বাষ্পায়িত হয়।

4. **জলে বায়ুর দ্রবণীয়তা:** জলের মধ্যে নাইট্রোজেনের চেয়ে অক্সিজেন বেশি পরিমাণে দ্রবীভূত হয়। তাই, জলের মধ্যে কিছু পরিমাণে বায়ু দ্রবীভূত করিয়া বায়ুর জলীয় দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে যে বায়ু পাওয়া যায় তাহার মধ্যে নাইট্রোজেনের চেয়ে অক্সিজেনের পরিমাণ বেশী। বায়ু যৌগিক পদার্থ হইলে জলীয় দ্রবণ হইতে নির্গত বায়ুতেও অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের অনুপাত সব অবস্থাতেই হইত 1 : 4, কিন্তু বায়ু মিশ্র পদার্থ বলিয়া বায়ুর মধ্যে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন বিচ্ছিন্নভাবে মিশ্রিত থাকে। তাই, জলের মধ্যে বায়ুর নাইট্রোজেনের চেয়ে অক্সিজেন বেশী পরিমাণে দ্রবীভূত হয়।

5. **বায়ুর ব্যাপন** (Diffusion): সচ্ছিদ্র পোরসেলিন ফিলটারের মাধ্যমে বায়ু ব্যাপিত করিলে বা ছড়াইয়া দিলে হালকা নাইট্রোজেন আগে বাহির হইয়া যায় এবং এরূপ ভৌতিক পদ্ধতিতে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন আংশিক-ভাবে পৃথক করা যায়। বায়ু যৌগিক পদার্থ হইলে তাহা সম্ভব হইত না।

6. **বায়ুর ঘনত্ব:** হাইড্রোজেনের চেয়ে অক্সিজেন 16 গুণ ভারী এবং নাইট্রোজেন 14 গুণ ভারী। বায়ুতে আছে 1-আয়তন অক্সিজেন ও 4-আয়তন নাইট্রোজেন। তাই, বায়ু যদি মিশ্র পদার্থ হয় তাহা হইলে বায়ুর ঘনত্ব হইবে $=\frac{16+4\times14}{5}=14{\cdot}4$; বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায় যে ইহাই বায়ুর ঘনত্ব। বায়ু যৌগিক পদার্থ হইলে ইহার আণবিক ফর্মুলা $N_{15}O_4$ বা ইহার গুণিতক (multiple) হইত এবং বায়ুর ঘনত্ব হইত 137 ; তাই নিঃসন্দেহে বলা যায় যে, বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ।

7. **বায়ুর তৌলিক অনুপাত:** বায়ু যৌগিক পদার্থ হইলে ইহাতে অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের মধ্যে তৌলিক (ওজনগত) অনুপাত সরল (simple proportion) হইত, কিন্তু বায়ুতে তাহা দেখা যায় না। কারণ বায়ু মিশ্র পদার্থ, যৌগ নয়।

Questions to be discussed

1. Describe the experiment of Lavoisier to determine the composition of air.

2. What happens when Iron, Magnesium and Phosphorus are burnt in air ? What change occur when Mercury is first moderately heated and then strongly heated ? Give equations.

3. Describe experiments to prove the existence of different constituents of ingredients of air.

4. Why is air called a mechanical mixture and not a chemical compound ? Give reasons.

5. What are the functions of the different ingredients of air ?

6. What is calx ? How much calx of magnesium will be formed when 10 grams of Magnesium is completely burnt in air ? Describe an experiment.

7. Describe bell jar experiment to determine the nature of the constituents of the mixture of air and their volumetric composition.

8. Describe one experiment in each case to prove that (i) air contains oxygen (ii) it is a mixture and not a compound of nitrogen and oxygen (iii) oxygen and nitrogen present in air in the proportion of approximately 1 : 4 by volume. [*H. S. 1961*]

মৌলিক পদার্থ অক্‌সিজেন

পরিচয় : পৃথিবীর প্রাণিকুল যে-পদার্থটির জন্য বাঁচিয়া আছে, যে পদার্থটির জন্য পৃথিবীতে আগুন জ্বালানো সম্ভব এবং যে-পদার্থটি পরিমাণে ভু-পৃষ্ঠের সমগ্র পদার্থের প্রায় অর্ধেক—সেই পদার্থটির নাম **অক্‌সিজেন**। অক্‌সিজেন একটি মৌলিক পদার্থ। মৌলরূপে এবং গ্যাসীয় অবস্থায় বায়ুতে অক্‌সিজেন পাওয়া যায়।

1778 খৃষ্টাব্দে বৃটিশ বিজ্ঞানী প্রিস্‌টলী ও জার্মান বংশজাত সুইডিশ বিজ্ঞানী শীলি আলাদাভাবে অক্‌সিজেন আবিষ্কার করেন। প্রিস্‌টলী অক্‌সিজেন তৈরী করেন পারদের লাল-সর উত্তপ্ত করিয়া। শীলিও অক্‌সিজেন প্রস্তুত করেন পারদের লাল-সর উত্তপ্ত করিয়া এবং সোরা গরম করিয়া। বায়ুতে ফসফরাস, গন্ধক, টিন—এরূপ অনেক বস্তু পোড়াইয়াও শীলি অক্‌সিজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ করেন। বস্তুত অক্‌সিজেন আবিষ্কারের প্রধান কৃতিত্ব শীলির। কিন্তু যে-বস্তুটিকে তাঁহারা আবিষ্কার করিলেন সেই বস্তুটি যে কি, প্রিস্‌টলী অথবা শীলি কেহই তাহার যথার্থ পরিচয় দিতে পারেন নাই। প্রিস্‌টলী অক্‌সিজেনের নাম দেন—'ফ্লোজিস্টন হীন-বায়ু'। অক্‌সিজেনে আগুন জ্বলে বলিয়া শীলি এই গ্যাসের নাম দেন 'অগ্নি-বায়ু'।

অক্‌সিজেন গ্যাসটি কি, তাহার যথার্থ পরিচয় দিতে সক্ষম হন ফরাসী বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার এবং অক্‌সিজেন নামটিও তিনিই প্রথম ব্যবহার করেন। 'অক্‌সিজেনের অর্থ 'অম্লজান' অর্থাৎ অ্যাসিড উৎপাদক। ল্যাভয়সিয়ারের ধারণা ছিল যে, সব অ্যাসিডের মধ্যেই অক্‌সিজেন পাওয়া যায়। কিন্তু এই ধারণা ঠিক নয়। তবুও ল্যাভয়সিয়ারের দেওয়া অক্‌সিজেন নামটিই এখনও প্রচলিত রহিয়াছে।

অক্‌সিজেনের প্রতীকচিহ্ন—O, মৌলিক অণুর ফর্মুলা—O_2, যোজ্যতা—2, পারমাণবিক ওজন—16 এবং আণবিক ওজন $16+16=32$

প্রাপ্তি (Occurrence): বায়ু পাঁচ ভাগের এক ভাগ অক্সিজেন। তাই বায়ুই মুক্ত অক্সিজেনের প্রধান ভাণ্ডার। অতি অল্প কয়েকটি পদার্থ ছাড়া অক্সিজেন সবরকম মৌলিক পদার্থের সঙ্গে মিশিয়া যৌগিক পদার্থ গঠন করিতে পারে। তাই পৃথিবীতে অক্সিজেনের অগণিত যৌগিক পদার্থ পাওয়া যায়। জল, বালু, পাথর, জৈব এবং অনেক অজৈব পদার্থের মধ্যে অক্সিজেন পাওয়া যায়। অক্সিজেনের বিভিন্ন রকম যৌগিক পদার্থ গ্যাস, তরল ও কঠিন—এই তিন অবস্থায়ই পাওয়া যায়। ভূ-পৃষ্ঠের বস্তুরাশির প্রায় শতকরা পঞ্চাশ ভাগ অক্সিজেন এবং ওজনের হিসাবে জলের প্রায় শতকরা 89 ভাগ অক্সিজেনের দ্বারা গঠিত।

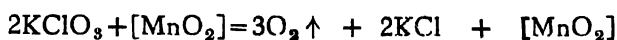
অক্সিজেন প্রস্তুতি (Preparation of Oxygen)

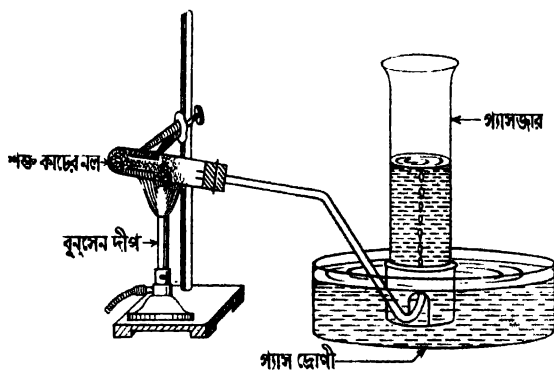
রসায়নাগারের পদ্ধতি (**Laboratory process**): (i) **রাসায়নিক তত্ত্ব** (**Chemical principle**): রসায়নাগারে অক্সিজেন তৈরী করা হয় সাধারণত **পটাসিয়াম ক্লোরেট** (Potassium chlorate) অর্থাৎ **পটাসিয়াম, ক্লোরিন ও অক্সিজেন** সংযোগে গঠিত একটি যৌগ হইতে। ইহার ফর্মুলা—$KClO_3$; পটাসিয়াম ক্লোরেটে অক্সিজেনের পরিমাণ খুব বেশী বলিয়া উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিলেই ইহা বিশ্লিষ্ট হইয়া যায় এবং অক্সিজেন নির্গত হয়। যথা: $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2 \uparrow$

পটাসিয়াম ক্লোরেটের সঙ্গে **ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড** (Manganese di-oxide) মিশাইয়া দিলে অল্প তাপে এবং সহজে ও তাড়াতাড়ি অক্সিজেন নির্গত হয়। [ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড মৌলিক পদার্থ ম্যাঙ্গানীজ ও অক্সিজেনের একটি যৌগিক পদার্থ (MnO_2)]। ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড নিজে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে না এবং এই পদার্থটি শুধু পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে অক্সিজেন উৎপাদনের কাজ স্বল্পতর তাপে দ্রুততর করে। এরূপ বিক্রিয়ায় ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডকে বলা হয় **অনুঘটক** বা **ক্যাটালিস্ট** (catalyst) এবং এরূপ বিক্রিয়াকে বলা হয় **অনুঘটন** বা **ক্যাটালিসিস** (catalysis)।

(ii) **রাসায়নিক বিক্রিয়া** (**Chemical reaction**): শুধু পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিয়াই অক্সিজেন তৈরী করা যায়। কিন্তু তাহার জন্য প্রায় 600°C তাপাংকের প্রয়োজন। ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড মিশ্রিত করিলে

পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে প্রায় 200°C তাপাংকেই অক্সিজেন নির্গত হইতে আরম্ভ করে। ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড সহ পটাসিয়াম ক্লোরেট মিশ্রণের উত্তাপের ফলে **পটাসিয়াম ক্লোরেট** বিশ্লিষ্ট হইয়া **পটাসিয়াম ক্লোরাইড** নামে পটাসিয়াম ও ক্লোরিনের একটি যৌগিক পদার্থ এবং **অক্সিজেন** তৈরী হয়। কিন্তু ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডের কোন পরিবর্তন হয় না।

$$2KClO_3+[MnO_2]=3O_2\uparrow + 2KCl + [MnO_2]$$

পটাসিয়াম ক্লোরেট → অক্সিজেন + পটাসিয়াম ক্লোরাইড

(iii) **পরীক্ষা** (Experiment) : চার ভাগ ওজন পরিমাণ **পটাসিয়াম ক্লোরেটের** সঙ্গে এক ভাগ পরিমাণ **ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড** মিশাও।

অক্সিজেন তৈরীর যন্ত্র

এই মিশ্রণ একটি শক্ত ও মোটা পরীক্ষা-নলের অর্ধেক অংশে ভর। পরীক্ষা-নলের মুখটি একটি ছিদ্র-করা কর্ক দিয়া আঁটিয়া দাও এবং কর্কের ছিদ্রপথে একটি **নির্গম-নল** (delivery tube) লাগাও। [চিত্র দেখ : যে নল দিয়া গ্যাস বাহির হয় তাহাকে নির্গম-নল বলা হয়। এই নির্গম-নলের মুখটি উর্ধ্বমুখী।] নির্গম-নলের উর্ধ্বমুখী মাথাটি একটি জল-ভরা-ট্রাফে বা দ্রোণীতে ডুবাইয়া রাখ।

পটাসিয়াম ক্লোরেট ও ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ-ভরা পরীক্ষা নলটি লোহার আংটা দিয়া আটকাইয়া সামনের দিকে একটু ঢালু অর্থাৎ কাৎ করিয়া ধারকের সাহায্যে ফিট কর। এখন মিশ্রণ-ভরা পরীক্ষা-নলটি

বুন্‌সেন দীপে সমভাবে উত্তপ্ত করিতে আরম্ভ কর। প্রথমে সামনের দিকে উত্তপ্ত কর এবং ধীরে ধীরে দীপটি পিছনের দিকে সরাইয়া লও। গ্যাস নির্গত হইতে আরম্ভ করিলে কিছুটা গ্যাস আগে দ্রোণীর জলের ভিতর দিয়া বুদ্‌বুদের আকারে বাহির হইয়া যাইতে দাও। পরীক্ষা-নলের ফাঁকা অংশে যে-বায়ু ছিল প্রথমে তাহা এইভাবে বাহির হইয়া যাইবে। গ্যাস প্রবল বেগে নির্গত হইতে আরম্ভ করিলে বুনসেন দীপ সরাইয়া তাপ নিয়ন্ত্রণ কর।

এখন একটি গ্যাসজারে জল ভরিয়া নির্গম-নলের মুখে উপুড় করিয়া দ্রোণীর মধ্যে বসাইয়া দাও [গ্যাস ভরার জন্য কাঠের সেতুর উপরে গ্যাসজার স্থাপন করা বাঞ্ছনীয়]। মিশ্রণ-ভরা পরীক্ষা-নল দীপে উত্তপ্ত করিতে থাক। পরীক্ষা-নল হইতে অক্‌সিজেন নির্গম-নলের মাধ্যমে বুদ্‌বুদের আকারে বাহির হইয়া গ্যাসজারের জল সরাইয়া জারের মধ্যে জমা হইবে। কিছুক্ষণের মধ্যেই গ্যাসজারের সমস্ত জল সরাইয়া জারটি অক্সিজেন গ্যাসে পূর্ণ হইবে। এখন একটি ঢাকনি অর্থাৎ কাচের **চাকৃতি** দিয়া গ্যাসজারের মুখটি বন্ধ করিয়া গ্যাসজারটি দ্রোণী হইতে উঠাইয়া লও। রসায়নাগারের পরীক্ষার জন্য এইভাবে কয়েকটি গ্যাসজার অক্সিজেন গ্যাস দ্বারা ভরতি কর।

(iv) **পরীক্ষার সতর্কতা** (Precaution): অক্সিজেন তৈরী করার সময় কয়েকটি সতর্কতার দিকে লক্ষ্য রাখা প্রয়োজন।

প্রথমত, পটাসিয়াম ক্লোরেট ও ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড ভাল করিয়া মিশ্রিত করা প্রয়োজন।

দ্বিতীয়ত, পরীক্ষা-নলের মিশ্রণ ধীরে ধীরে এবং প্রথমে সামনের দিকে উত্তপ্ত করা দরকার। পিছন দিকে উত্তপ্ত করিলে গ্যাসের চাপে পটাসিয়াম ক্লোরেট ও ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্‌সাইডের মিশ্রণ নির্গম-নলের মুখ বন্ধ করিয়া ফেলিবে এবং তার ফলে পরীক্ষা-নল গ্যাসের চাপে ফাটিয়া যাইতে পারে।

তৃতীয়ত, অক্‌সিজেন গ্যাস উৎপাদন বন্ধ হইলে লক্ষ্য রাখিতে হইবে যে নির্গম-নলের মাথাটি যেন দ্রোণীর জলের উপরে ভাসিয়া থাকে। নির্গম-নলের মুখ যদি জলের নীচে থাকে তাহা হইলে নির্গম-নল দিয়া দ্রোণীর জল পরীক্ষা-নলে ঢুকিয়া পড়িতে পারে। এইভাবে জল ঢুকিলে পরীক্ষা-নল ফাটিয়া যাইবে।

চতুর্থত, ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডে অনেক সময় কয়লার গুঁড়া মিশ্রিত থাকে। প্রথমে একটি শুষ্ক পরীক্ষানলে ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্‌সাইড বুন্‌সেন

দীপে উত্তপ্ত করা প্রয়োজন। যদি পরীক্ষা-নলে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি না হয় তবে সেই ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্‌সাইড ব্যবহার করা হয়। ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্‌সাইডে অঙ্গার থাকিলে বিস্ফোরণ ঘটিতে পারে।

পঞ্চমত, বিকারক-পূর্ণ পরীক্ষানল নির্গম-নলের দিকে একটু কাৎ করিয়া ফিট করা প্রয়োজন। অন্যথায় নির্গম-নলের মুখ বন্ধ হইয়া যাইতে পারে।

অনুঘটন ও অনুঘটক (Catalysis and Catalyst)

শুধু পটাসিয়াম ক্লোরেট উত্তপ্ত করিলেই অক্সিজেন তৈরী করা যায়। তবুও ইহার সঙ্গে ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড মিশাইবার প্রয়োজন হয় কেন? ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড হইতে অক্সিজেন তৈরী হয় না বা অক্সিজেন তৈরী করার সময় ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড কোন রাসায়নিক বিক্রিয়াতেও অংশ গ্রহণ করে না। ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডের কাজ শুধু পটাসিয়াম ক্লোরেট হইতে অক্সিজেন উৎপাদনের প্রক্রিয়াটি সহজ ও ত্বরান্বিত করিয়া দেওয়া।

যে পদার্থ নিজে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ না করিয়া সেই রাসায়নিক বিক্রিয়াকে ত্বরান্বিত বা মন্দীভূত করিতে সাহায্য করে সেই পদার্থটিকে বলা হয় অনুঘটক বা ক্যাটালিস্ট (Catalyst) **এবং অনুঘটকের সাহায্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া সম্পাদনের পদ্ধতিকে বলা হয় অনুঘটন বা ক্যাটালিসিস** (Catalysis)। অক্সিজেন তৈরীর এই পরীক্ষায় ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড অনুঘটকের কাজ করে।

অক্‌সিজেন তৈরী করার অন্যান্য উপায়

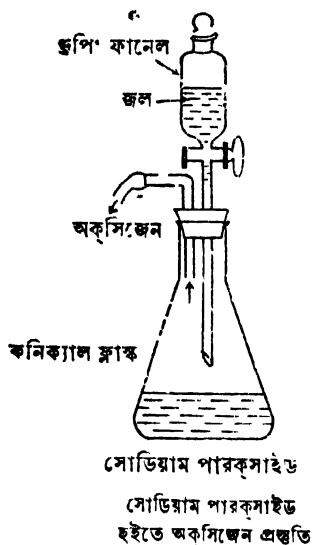
অনেক উপায়ে অক্সিজেন তৈরী করা যায়। যথা :—

1. **সোডিয়াম পারক্‌সাইড হইতে** (From sodium peroxide—Na_2O_2) : সোডিয়াম পারক্সাইডের সঙ্গে জলের বিক্রিয়া ঘটিলে **স্বাভাবিক তাপে** (at room temperature) অক্‌সিজেন উৎপন্ন হয়। যথা :

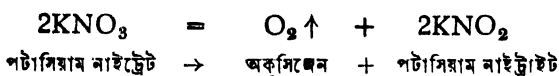
$$2Na_2O_2 + 2H_2O = O_2\uparrow + 4NaOH$$

সোডিয়াম পারক্‌সাইড + জল → অক্‌সিজেন + সোডিয়াম হাইড্রক্‌সাইড

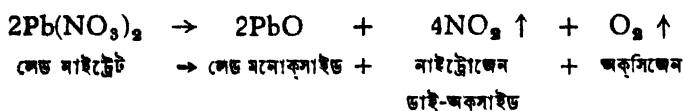
পরীক্ষা : একটি কোণাকার ফ্লাস্ক লও এবং ফ্লাস্কটিতে রবারের ছিপির মাধ্যমে একটি বিন্দুপাতী ফানেল (dropping funnel) ও একটি নির্গম-নল ফিট কর। ফ্লাস্কের মধ্যে সোডিয়াম পারক্সাইড লও এবং ফানেলে জল ভর। ফানেলের ছিপি খুলিয়া সোডিয়াম পারক্সাইডের মধ্যে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া জল ফেল। জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় সোডিয়াম পারক্সাইড হইতে অক্সিজেন নির্গত হইবে। এই অক্সিজেন পুর্বের পরীক্ষার ন্যায় জল সরাইয়া গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

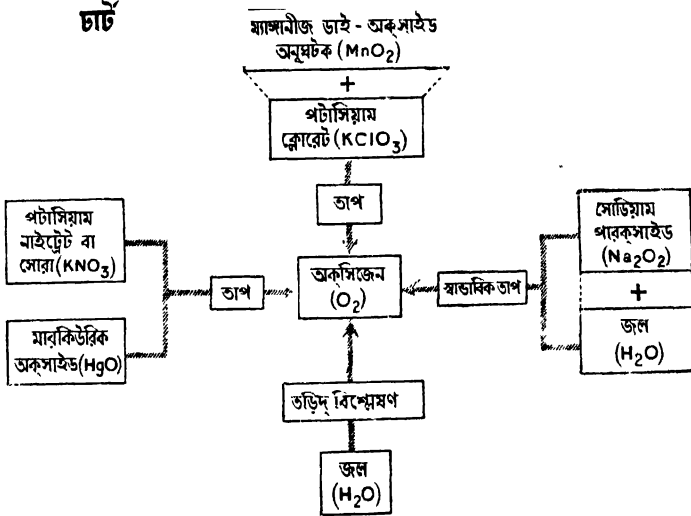
সোডিয়াম পারক্সাইড হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতি

2. সোরা বা নাইটার বা ধাতুর নাইট্রেট হইতে (From nitre and metallic Nitrate) : পটাসিয়ামের নাইট্রেট লবণের নাম **পটাসিয়াম নাইট্রেট** বা **সোরা** (KNO_3)। সাধারণভাবে ইহা নাইটার নামে পরিচিত। সোরা উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিলে সোরা হইতে অক্সিজেন গ্যাস নির্গত হয়। যথা :

$$2KNO_3 = O_2\uparrow + 2KNO_2$$

পটাসিয়াম নাইট্রেট → অক্সিজেন + পটাসিয়াম নাইট্রাইট

$Pb(NO_3)_2$ অর্থাৎ, লেড নাইট্রেট উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন (O_2) ও বাদামী রঙের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড গ্যাস (NO_2) নির্গত হয়। এই গ্যাস মিশ্রণ জলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে নাইট্রোজেন ডাই-অকসাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং অবশিষ্ট গ্যাস রূপে পাওয়া যায় অক্সিজেন। বিক্রিয়া অনুরূপ :

$$2Pb(NO_3)_2 \rightarrow 2PbO + 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow$$

লেড নাইট্রেট → লেড মনোক্সাইড + নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড + অক্সিজেন

পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) উত্তপ্ত করিলেও অক্সিজেন নির্গত হয় এবং তৈরী হয় পটাসিয়াম ম্যাঙ্গানেট (K_2MnO_4) ও ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইড।

$$2KMnO_4 = K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2 \uparrow$$

3. **পারদের লাল-সর হইতে** (From mercuric oxide): পারদ ও অক্সিজেনের সংযোগে একপ্রকার লাল রঙের যৌগিক পদার্থ তৈরী হয়। এই পদার্থটির নাম **মারকিউরিক অক্সাইড** (HgO)। এই পদার্থটি উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন নির্গত হয়। প্রিস্টলী ও ল্যাভয়সিয়ার এই ভাবেই অক্সিজেন তৈরী করেন।

বায়ুতে উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিলে পারদের সঙ্গে অক্সিজেনের মিলনে পারদের অক্সাইড (HgO) তৈরী হয়। এই পারদের অক্সাইডকে আবার আরও উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিলে উহা বিশ্লিষ্ট হইয়া যায় এবং অক্সিজেন নির্গত হয়। যথা:

(i) প্রথম পর্যায়ে:

উচ্চ তাপ

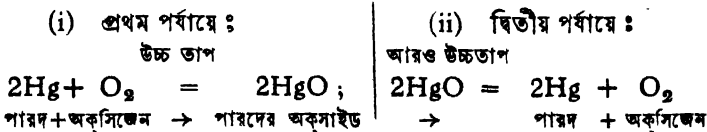
$$2Hg + O_2 = 2HgO;$$

পারদ + অক্সিজেন → পারদের অক্সাইড

(ii) দ্বিতীয় পর্যায়ে:

আরও উচ্চতাপ

$$2HgO = 2Hg + O_2$$

→ পারদ + অক্সিজেন

[এই পদ্ধতির বিস্তৃত আলোচনা বায়ুর অধ্যায়ে ল্যাভয়সিয়ারের পরীক্ষায় করা হইয়াছে।]

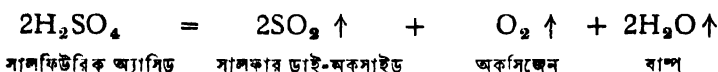
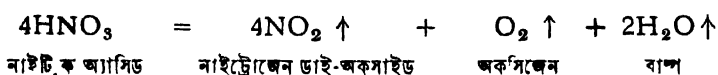
4. **নাইট্রিক অ্যাসিড ও সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে (From Nitric acid and Sulphuric acid) :** নাইট্রিক অ্যাসিড ও সালফিউরিক অ্যাসিড অকসিজেন সমৃদ্ধ পদার্থ। ঘন নাইট্রিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড লাল তপ্ত (red hot) ঝামা পাথরের (pumice stone) উপরে ফেলিলে এরূপ অ্যাসিড অণু ভাঙ্গিয়া যায় এবং অন্যান্য গ্যাস সহ অক্সিজেন নির্গত হয়।

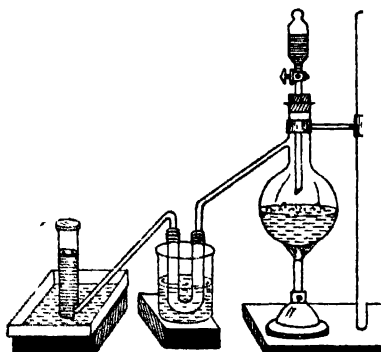
নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্ষেত্রে অক্সিজেনের সঙ্গে নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও বাষ্প এবং সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্ষেত্রে অক্সিজেনের সঙ্গে সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও বাষ্প তৈরী হয়। যথা :

$$4HNO_3 = 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow + 2H_2O\uparrow$$

নাইট্রিক অ্যাসিড — নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড — অক্সিজেন — বাষ্প

$$2H_2SO_4 = 2SO_2\uparrow + O_2\uparrow + 2H_2O\uparrow$$

সালফিউরিক অ্যাসিড — সালফার ডাই-অক্সাইড — অক্সিজেন — বাষ্প

এরূপ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন গ্যাসগুলি হিম-মিশ্রণের অক্সিজেন ব্যতীত অন্যান্য গ্যাসগুলি (বরফ+লবণ) সাহায্যে ঠাণ্ডা করিলে অক্সিজেন ব্যতীত অন্যান্য গ্যাসগুলি তরলে পরিণত হয়। শীতল জলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলেও নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড বা সালফার ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া যায় কিন্তু অক্সিজেন অদ্রবীভূত থাকে এবং মুক্ত ও একক গ্যাসরূপে জলের ভিতর দিয়া বাহির হইয়া যায়।

পরীক্ষা (Expt.) : ধারক ও স্ট্যাণ্ডের সাহায্যে অর্ধেক ঝামা পাথর-ভরা একটি ফ্লাস্কের মুখে অ্যাসিড-ভরা একটি বিন্দুপাতী ফানেল (Dropping

নাইট্রিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতি

funnel) ফিট করা হয়। ফ্লাস্কের সঙ্গে একটি নির্গম-নল যুক্ত থাকে। এই

নির্গম-নলের অপর প্রান্ত একটি U-নলের (U-tube) সঙ্গে যুক্ত করা হয়। এই U-নল লবণ ও বরফ মিশ্রণে তৈরী হিম-মিশ্রণের মধ্যে ডুবান থাকে। U-নলের অপর মুখ আরেকটি নির্গম-নলের সঙ্গে ফিট করা থাকে। এই নির্গম-নলের অপর প্রান্ত ডুবান থাকে জল-ভরা দ্রোণীতে এবং নির্গম-নলের এই মুখটির উপরে স্থাপন করা হয় জল-ভরা গ্যাসজার।

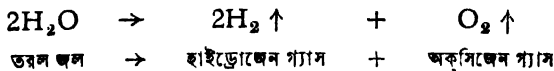
বুনসেন দীপের সাহায্যে ফ্লাস্কে ভরা ঝামাপাথর লাল তপ্ত করিয়া উত্তপ্ত করা হয় এবং ঝামা পাথরের উপরে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ঘন নাইট্রিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড ফেলা হয়। অ্যাসিড ভাঙ্গিয়া অক্‌সিজেন এবং নাইট্রোজেন ডাই-অক্‌সাইড বা সালফার ডাই-অক্‌সাইড তৈরী হয়। এই মিশ্র গ্যাস হিম-মিশ্রণে স্থাপিত U-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হওয়ার সময়ে গ্যাসীয় নাইট্রোজেন বা সালফার ডাই-অক্‌সাইড তরলাকার লাভ করে ও U-নলের মধ্যে সঞ্চিত হয় এবং অক্‌সিজেন গ্যাস নির্গম-নলের মাধ্যমে গ্যাস-জারের জল সরাইয়া সংগৃহীত হয়।

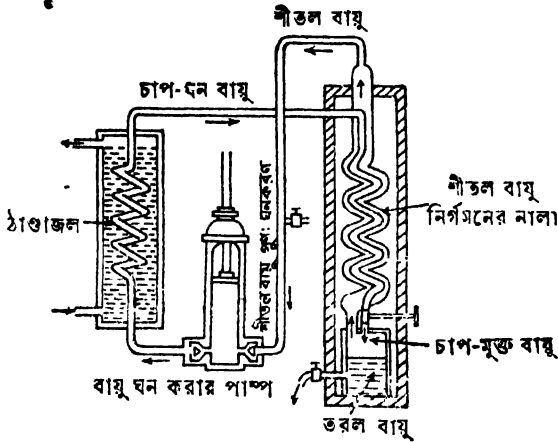
বৃহদায়তনে অক্সিজেন উৎপাদন

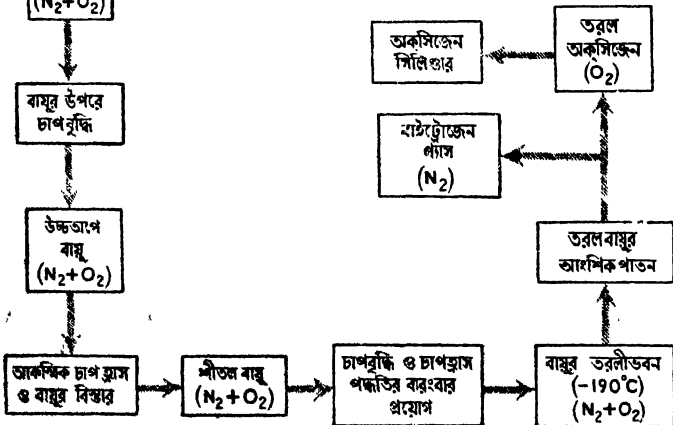
(Large Scale or Commercial manufacture of Oxygen)

(i) **জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ** (Electrolysis of water): অ্যাসিড মিশ্রিত জলের মধ্যে তড়িৎপ্রবাহ চালাইলে জলের অণু ভাঙ্গিয়া মৌলিক পদার্থ অক্‌সিজেন ও হাইড্রোজেন অণুতে পরিণত হয়। কারণ, জল হাইড্রোজেন ও অক্‌সিজেনের সংযোগে গঠিত একটি যৌগিক পদার্থ। তড়িৎ-বিশ্লেষণ বিক্রিয়া অনুরূপ: [পদ্ধতির বিস্তৃত আলোচনা জলের অধ্যায়ে দ্রষ্টব্য।]

$$2H_2O \rightarrow 2H_2\uparrow + O_2\uparrow$$

তরল জল → হাইড্রোজেন গ্যাস + অক্‌সিজেন গ্যাস

(ii) **বায়ু তরলীকরণ পদ্ধতি** (Liquifcation of air): বাণিজ্যিক প্রয়োজনে বৃহৎ আয়তনে অক্‌সিজেন তৈরী করার প্রয়োজন হয়। এরূপ অক্‌সিজেন তৈরী করা হয় প্রধানত বায়ু হইতে। বায়ুকে উচ্চ চাপ দিয়া ঘন করিয়া সেই ঘন বায়ুকে হঠাৎ চাপমুক্ত করিয়া ছড়াইয়া পড়িবার সুযোগ দিলে বায়ু খুব ঠাণ্ডা হইয়া যায়। এইভাবে চাপ দিয়া বারবার ঘন করিয়া এবং সেই চাপ-ঘন বায়ুকে বারবার নির্মুক্তভাবে ছড়াইয়া দিয়া বায়ুকে −190°C

তাপাংকে অতি শীতল করিয়া বাষ্পীয় বায়ুকে তরল বায়ুতে পরিণত করা যায়। অক্সিজেনের তরলীভবন নাইট্রোজেনের তরলীভবন অপেক্ষা সহজ বলিয়া

তরল বায়ু প্রস্তুতির যান্ত্রিক কাঠামো

বায়ুকে অতি শীতল করিয়া তরল অবস্থায় পরিণত করিলে তরল বায়ুতে শতকরা প্রায় 50 ভাগ অক্সিজেন পাওয়া যায়। এই তরল বায়ু আংশিক বাষ্পায়িত (fractional vapourization) করিলে নাইট্রোজেন আগে বাষ্পে পরিণত হইয়া উড়িয়া যায় এবং পাত্রে পড়িয়া থাকে তরল অক্সিজেন।

পাম্পের সাহায্যে প্রথমে চাপ দিয়া বায়ুকে ঘন করিয়া ইহা একটি পাত্রে ভরা হয়। ঘন হওয়ার সময় এই বায়ু উত্তপ্ত হয়। তাই বায়ু-প্রবাহের নলটি জলে ডুবাইয়া ঠাণ্ডা করা হয়। এই চাপ-ঘন বায়ুকে একটি আবদ্ধ পাত্র হইতে হঠাৎ চাপ-মুক্ত করিয়া ছাড়িয়া দেওয়া হয়। আকস্মিক ছড়াইয়া পড়িবার ফলে বায়ু খুব ঠাণ্ডা হইয়া যায়। যে-নলটি দিয়া চাপ-ঘন বায়ুকে ছড়াইবার জন্য বিচ্ছুরণ পাত্রে পাঠান হয় সেই নলটির চারিপাশে আরেকটি বড় ব্যাসের নল থাকে।

বিচ্ছুরণ পাত্র হইতে চাপ-মুক্ত ঠাণ্ডা বায়ু বড় ব্যাসের নলটির ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইয়া এবং ভিতরের নলটিকে শীতল করিয়া আবার পাম্পের মধ্যে প্রবেশ করে। এইভাবে বায়ুকে চাপ দিয়া ঘন করা এবং চাপ-মুক্ত করিয়া শীতল করার কাজটি বারবার পুনরাবৃত্তি করিয়া অর্থাৎ পর্যায়ক্রমে ঘন ও শীতল করিয়া শেষ পর্যায়ে বায়ুর অক্সিজেনকে তরল করা হয়।

তরল অক্সিজেন উচ্চচাপে লোহার শক্ত সিলিণ্ডারে ভরিয়া রাখা হয় এবং প্রয়োজনমত সিলিণ্ডারের মুখ খুলিয়া দিলে অক্সিজেন বাহির হইয়া আসে। সেই গ্যাসীয় অক্সিজেন অক্সি-হাইড্রোজেন দীপ প্রজ্বলন এবং রোগীর জন্য ব্যবহার এবং অন্যান্য কাজে প্রয়োগ করা হয়।

অক্সিজেনের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম

(Physical and Chemical Properties of Oxygen)

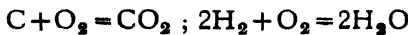
ভৌত ধর্ম (Physical properties) : (i) অক্সিজেনের কোন বর্ণ, গন্ধ বা স্বাদ নাই। (ii) অক্সিজেন বায়ুর চেয়ে অল্প ভারী। ইহার বাষ্প ঘনত্ব 16 (iii) খুব চাপ দিয়া ও শীতল করিয়া অক্সিজেনকে তরল (অক্সিজেনের স্ফুটনাঙ্ক $-182.9°C$)—এমন কি কঠিন পদার্থে পরিণত করা যায়। (iv) অক্সিজেন জলে অল্প পরিমাণে দ্রবীভূত হয়। জলচর প্রাণী জলে দ্রবীভূত এই অক্সিজেন হইতে কানকোর সাহায্যে শ্বাস লইয়া বাঁচিয়া থাকে।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties) : (i) **প্রাণবায়ু** (Supporter of respiration) : অক্সিজেন দেহে তাপ সরবরাহ এবং রক্ত পরিশ্রুত করে। তাই অক্সিজেনে শ্বাস লইয়া প্রাণীর পক্ষে বাঁচিয়া থাকা সম্ভব হয়।

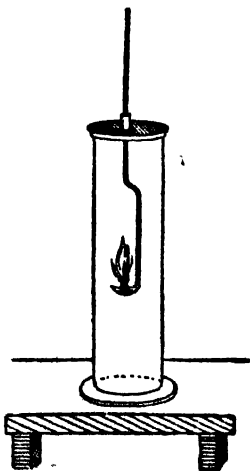
(ii) **সক্রিয়তা** (Reactivity) : অক্সিজেন অত্যন্ত সক্রিয় (active) পদার্থ। অধিকাংশ মৌলিক পদার্থের সহিত অক্সিজেন প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত হইয়া যৌগিক পদার্থ অক্সাইড যৌগ (oxide) গঠন করিতে পারে।

(iii) **আগুন প্রজ্বলনের কারণ** (Combustion) : আগুন জ্বলিবার মূল কারণ অক্সিজেন। কোন পদার্থ যখন জ্বলিয়া উঠে তখন তাহার রাসায়নিক

অর্থ দাঁড়ায় এই যে, সেই পদার্থটির সঙ্গে অক্সিজেনের সংযোগ ঘটিতেছে এবং সেই সংযোগের বিক্রিয়াই আগুনরূপে প্রকাশ পাইতেছে। কাঠ, তেল বা কয়লা-জাতীয় দাহ্য পদার্থে কার্বন ও হাইড্রোজেন থাকে। ইহারা অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস (CO_2) ও জল (H_2O) গঠন করে। যথা,

$$C+O_2=CO_2\ ;\ 2H_2+O_2=2H_2O$$

দাহক পদার্থ (Supporter of combustion) ঃ অক্সিজেন নিজে জ্বলে না কিন্তু অন্য পদার্থকে জ্বলিতে সাহায্য করে। এজন্য অক্সিজেনকে বলা হয় **দহন-সহায়ক** বা **দাহক পদার্থ**। পক্ষান্তরে হাইড্রোজেন গ্যাস নিজেই জ্বলিয়া ওঠে। তাই, হাইড্রোজেনকে বলা হয় **দহনশীল** (combustible) **পদার্থ**।

1. **পরীক্ষা** ঃ একটি মোমের প্রদীপ জ্বালাও এবং একটি গ্লাস উপুড় করিয়া প্রদীপটি ঢাকিয়া দাও। কিছুক্ষণের মধ্যেই অক্সিজেনের অভাবে প্রদীপটি নিভিয়া যাইবে। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে, অক্সিজেন ছাড়া আগুন জ্বালানো সম্ভব নয়।

2. **পরীক্ষা** ঃ একটি পাটকাঠি জ্বালাও এবং ফুঁ দিয়া পাটকাঠিটি নিভাইয়া দাও। কাঠিটি লালাভ অবস্থায় একটি অক্সিজেন-ভরা গ্যাসজারে ঢুকাও। পাটকাঠিটি আবার প্রদীপ্ত শিখায় জ্বলিয়া উঠিবে ; কারণ, অক্সিজেন খুব সক্রিয় পদার্থ এবং পাটকাঠির কার্বনের সঙ্গে মিশিয়া অক্সিজেন পাটকাঠিতে আবার আগুন জ্বালাইয়া দেয় এবং পাঠকাঠির কার্বন ও হাইড্রোজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) ও জল তৈরী করে (H_2O)।

প্রজ্বলন চামচ ব্যবহার

3. **পরীক্ষা** ঃ প্রজ্বলন চামচে (deflagrating spoon) এক টুকরা অঙ্গার লও এবং বুনসেন দীপে অঙ্গারটি লালাভ করিয়া উত্তপ্ত কর। এই জ্বলন্ত টুকরাটি প্রজ্বলন চামচে রাখিয়া অক্সিজেন-ভরা একটি গ্যাসজারের মধ্যে ঢুকাও। দেখিবে, অঙ্গারটি উজ্জ্বলভাবে জ্বলিয়া উঠিবে। এই জারের মধ্যে এখন কিছুটা জল ঢালিয়া দাও এবং একটি কাচের চাকতি দিয়া জারের মুখটি বন্ধ করিয়া জারটি উপুড়-নীচ করিয়া গড়াইয়া জলের সঙ্গে জারের ভিতরকার গ্যাস

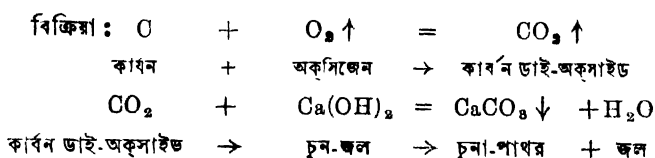
মিশাও। জলের মধ্যে (i) **একটি নীল লিট্‌মাস কাগজ** ভিজাও। কাগজের **নীল রঙ লালাভ** হইয়া যাইবে (ii) অবশিষ্ট জলে কিছুটা পরিস্রুত চুন-জল ঢালিয়া দাও। চুন-জল সাদা হইয়া যাইবে।

অঙ্গার অক্‌সিজেনের মধ্যে পুড়িবার ফলে কার্বন ডাই-অক্‌সাইড নামে কার্বনের যে-গ্যাসটি তৈরী হয় উহা অ্যাসিড ধর্মী বলিয়া নীল লিটমাস কাগজ লালাভ করিয়া দেয়। এই কার্বন ডাই-অক্‌সাইড গ্যাস চুন-জলের সঙ্গে মিশিয়া ক্যালসিয়াম কার্বনেট বা চুনা পাথর তৈরী করে বলিয়া জারের জল ঘোলা হইয়া যায়।

বিক্রিয়া : $C + O_2\uparrow = CO_2\uparrow$

কার্বন + অক্‌সিজেন → কার্বন ডাই-অক্‌সাইড

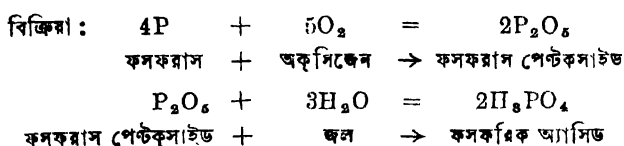
$CO_2 + Ca(OH)_2 = CaCO_3\downarrow + H_2O$

কার্বন ডাই-অক্‌সাইড → চুন-জল → চুনা-পাথর + জল

4. **পরীক্ষা :** প্রজ্বলন চামচে ছোট এক টুকরা ফসফরাস লও। [ফসফরাস জলের নীচে রাখিতে হয়। কারণ, বায়ুর সংস্পর্শে ফসফরাস নিজেই জ্বলিয়া উঠে; ফসফরাস হাত দিয়া না ধরিয়া তাই চিমটা দিয়া ধরিতে হয়।] ফসফরাসের টুক্‌রাটি তাড়াতাড়ি একটি ফিল্‌টার কাগজে মুছিয়া প্রজ্বলন চামচে রাখিয়া একটি অক্‌সিজেন ভরা গ্যাসজারের মধ্যে ঢুকাও। দেখিবে, স্বাভাবিক তাপাংকেই ফসফরাস অক্‌সিজেনের মধ্যে প্রদীপ্ত শিখায় জ্বলিয়া উঠিবে এবং জারটি সাদা ধোঁয়ায় অর্থাৎ ফসফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5) গ্যাসে ভরিয়া উঠিবে। এখন জারের মধ্যে একটু জল দিয়া জারটির মুখ ঢাকনি দিয়া বন্ধ করিয়া গড়াইয়া লও। জারের জলের মধ্যে এক টুকরা নীল লিটমাস কাগজ ডুবাও। দেখিবে, নীল কাগজ লাল হইয়া যায়। কারণ, সাদা ধোঁয়া জলে মিশিয়া ফসফরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) গঠন করে।

বিক্রিয়া : $4P + 5O_2 = 2P_2O_5$

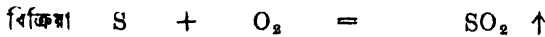
ফসফরাস + অক্‌সিজেন → ফসফরাস পেণ্টক্সাইড

$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$

ফসফরাস পেণ্টক্সাইড + জল → ফসফরিক অ্যাসিড

5. **পরীক্ষা :** একইভাবে প্রজ্বলন চামচে ফসফরাসের বদলে এক টুকরা গন্ধক তথা সালফার বুনসেন দীপে জ্বালাইয়া অক্‌সিজেন-ভরা গ্যাসজারের মধ্যে রাখ। গন্ধক উজ্জ্বল হইয়া জ্বলিয়া উঠিবে এবং গন্ধকজাত সালফার ডাই-অক্‌সাইড (SO_2) গ্যাসে জারটি ভরিয়া উঠিবে। এই গ্যাসে জল মিশাইয়া নীল লিটমাস কাগজ সেই জলে ডুবাইলে লাল হইয়া যাইবে; কারণ, জলের সঙ্গে গ্যাসের সংযোগে সালফিউরাস অ্যাসিড (H_2SO_3) গঠিত হয়।

বিক্রিয়া $S + O_2 = SO_2 \uparrow$

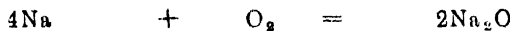
সালফার + অক্সিজেন → সালফার ডাই-অক্সাইড

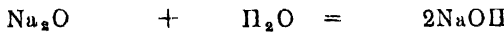
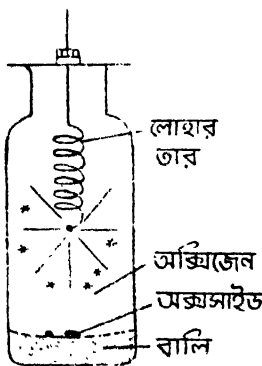
$SO_2 + H_2O = H_2SO_3$

সালফার ডাই-অক্সাইড + জল → সালফিউরাস অ্যাসিড

6 **পরীক্ষা :** প্রজ্বলন চামচে এক টুকরা ম্যাগনেসিয়াম বা সোডিয়াম লও এবং বুনসেন দীপে উত্তপ্ত করিয়া অক্সিজেন-ভরা গ্যাসজারে ঢুকাও। ম্যাগনেসিয়াম খুব উজ্জ্বলভাবে এবং সোডিয়ামও বেশ উজ্জ্বলভাবে জ্বলিয়া উঠিবে এবং এরূপ ধাতুর অক্সাইড (Na_2O বা MgO) গঠিত হইবে। গ্যাসজার জল দিয়া গড়াইয়া লও এবং জলের মধ্যে এক টুকরা লাল লিটমাস কাগজ ডুবাও। সোডিয়াম দহনের ক্ষেত্রে লাল কাগজ নীল হইয়া যাইবে। কারণ, সোডিয়ামের অক্সাইড জলের সঙ্গে যুক্ত হইয়া ক্ষার ($NaOH$) গঠন করে।

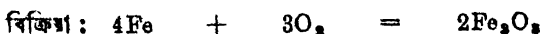
বিক্রিয়া : $2Mg + O_2 = 2MgO$

ম্যাগনেসিয়াম + অক্সিজেন → ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড

$4Na + O_2 = 2Na_2O$

সোডিয়াম + অক্সিজেন → সোডিয়াম অক্সাইড

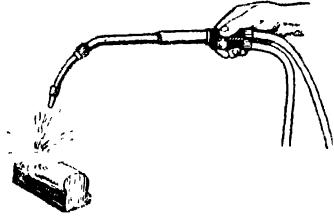
$Na_2O + H_2O = 2NaOH$

সোডিয়াম অক্সাইড + জল → সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড

7. **পরীক্ষা :** একটি লোহার তারের মাথায় ছোট এক টুকরা কাঠ লাগাইয়া দাও এবং এই কাঠের টুকরাটি বুনসেন-দীপে পোড়াইয়া লাল তপ্ত কর। লাল তপ্ত কাঠের টুকরাসহ লোহার তারটি একটি অক্সিজেন-ভরা বোতল বা বড় গ্যাস-জারে প্রজ্বলন চামচের সঙ্গে বাঁধিয়া ঢুকাও। দেখিবে, লোহার তার হইতে উজ্জ্বল স্ফুলিঙ্গ বাহির হইয়া ছড়াইয়া পড়িবে এবং বোতলের নীচে লোহার কালো মরিচা বা অক্সাইড জমিয়া উঠিবে।

লোহার তার হইতে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ

বিক্রিয়া : $4Fe + 3O_2 = 2Fe_2O_3$

আয়রন + অক্সিজেন → আয়রনের অক্সাইড (ফেরিক)

অক্‌সিজেনের ব্যবহার (Uses of Oxygen)

(1) স্বাভাবিক শ্বাস-প্রশ্বাসে অক্ষম রোগীর জন্য, উঁচু পর্বত বা বেলুনে আরোহণকারীর জন্য বা ডুবুরীর প্রয়োজনে গ্যাস মুখোসের সাহায্যে অক্সিজেন সরবরাহ করা হয়।

(2) অক্‌সিজেন ও হাইড্রোজেন একত্র মিশাইয়া জ্বালাইয়া দিলে সেই দীপশিখায় প্রায় 2500°C উষ্ণতার তাপ সৃষ্টি করে। এই শিখাকে বলা হয় **অক্‌সি-হাইড্রোজেন শিখা** (Oxy-hydrogen flame)। খুব শক্ত ধাতু গলাইবার জন্য এই শিখা ব্যবহার করা হয়। হাইড্রোজেনের পরিবর্তে অক্‌সিজেনের সঙ্গে অ্যাসিটিলিন গ্যাস (কারবাইডের গ্যাসবাতিতে যে-গ্যাস জ্বলে) মিশাইয়া 3000°C তাপাংকের **অক্‌সি-অ্যাসিটিলিন শিখা** (Oxy-acetylene flame) জ্বালানো যায়।

অক্‌সি-অ্যাসিটিলিন শিখা

(3) সালফিউরিক অ্যাসিড এবং নাইট্রিক অ্যাসিড তৈরীর জন্যও অক্‌সিজেনের প্রয়োজন হয়। তবে, এজন্য বায়ুর অক্‌সিজেনই ব্যবহার করা চলে।

অক্‌সিজেনের সনাক্তকরণ (Tests for Oxygen)

কোন বর্ণহীন গ্যাস যদি অক্‌সিজেন হয় তবে :

(i) তপ্ত লালাভ পাটকাঠি অক্‌সিজেন গ্যাসের মধ্যে প্রদীপ্ত শিখায় জ্বলিয়া উঠিবে।

(ii) নাইট্রিক অক্‌সাইড (NO) নামক বর্ণহীন গ্যাসের সংস্পর্শে অক্‌সিজেন একটি বাদামী বর্ণের পদার্থে [নাইট্রোজেন ডাই-অক্‌সাইডে (NO_2)] পরিণত হয়।

(iii) ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট (Alkaline Pyrogallate) নামে এক-প্রকার জৈব যৌগের ক্ষারীয় দ্রবণ অক্‌সিজেন গ্যাস শোষণ করিতে পারে।

অক্‌সিজেনের যৌগ : অক্‌সাইড
(Metallic and non-metallic Oxides)

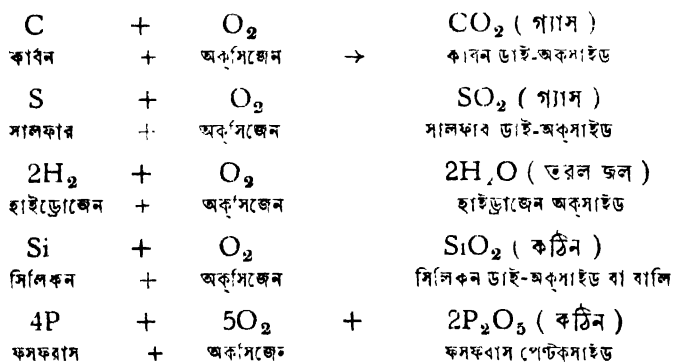
অক্‌সিজেনের যৌগ তথা যৌগিক পদার্থের সংখ্যা অগণিত। অল্প কয়েকটি ছাড়া অক্‌সিজেন প্রায় সমস্ত মৌলিক পদার্থের সঙ্গে যুক্ত হইয়া অক্‌সাইডরূপে

যৌগিক পদার্থ বা যৌগ গঠন করে। কারণ, অক্সিজেন একটি অতি সক্রিয় পদার্থ। ধাতু বা অ-ধাতু অক্সিজেনের সংযোগে যে-যৌগ গঠন করে তাহাকে বলা হয় **অক্সাইড** (oxide)।

যে-মৌলিক পদার্থের সঙ্গে অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া অক্সাইড গঠন করে সেই অক্সাইডের নাম লেখা হয় মৌলিক পদার্থের নামানুসারে।

অ-ধাতুর অক্সাইড (Non-metallic Oxide)

অ-ধাতুর অকসাইড সাধারণত গ্যাসীয় বা তরল। কিন্তু কোন কোন অধাতুর অকসাইড কঠিনও হয়। সাধারণত বায়ুতে বা অকসিজেনের মধ্যে অ-ধাতব কঠিন পদার্থ উত্তপ্ত বা প্রজ্বলিত করিলে অক্সাইড গঠিত হয়। যথা :

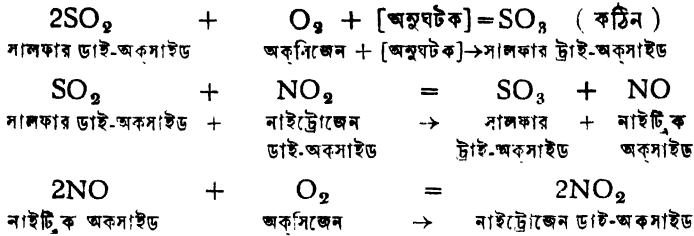
C	+	O_2		CO_2 (গ্যাস)
কার্বন	+	অক্সিজেন	→	কার্বন ডাই-অকসাইড
S	+	O_2		SO_2 (গ্যাস)
সালফার	+	অক্সিজেন		সালফার ডাই-অক্সাইড
$2H_2$	+	O_2		$2H_2O$ (তরল জল)
হাইড্রোজেন	+	অক্সিজেন		হাইড্রোজেন অক্সাইড
Si	+	O_2		SiO_2 (কঠিন)
সিলিকন	+	অক্সিজেন		সিলিকন ডাই-অক্সাইড বা বালি
$4P$	+	$5O_2$	+	$2P_2O_5$ (কঠিন)
ফসফরাস	+	অকসিজেন		ফসফরাস পেণ্টকসাইড

নাইট্রোজেন অক্সিজেনের সঙ্গে পাঁচ রকম অক্সাইড গঠন করে। কিন্তু এরূপ কোন অকসাইড নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের প্রত্যক্ষ সংযোগে গঠিত হয় না, গঠিত হয় অপ্রত্যক্ষভাবে।

নাম	ফর্মুলা	অবস্থা
নাইট্রাস অক্সাইড	N_2O	গ্যাস
নাইট্রিক অক্সাইড	NO	গ্যাস
নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড	N_2O_3	গ্যাস
নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড	N_2O_4 বা NO_2	গ্যাস
নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড	N_2O_5	কঠিন

. কোন কোন ক্ষেত্রে অ-ধাতব অক্সাইড অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া উচ্চতর অক্সাইড গঠন করে। নাইট্রিক অক্সাইড (NO) অনেক সময়ে অক্সিজেন বাহকের (carrier) কাজ করে। যথা :

$2SO_2 + O_2 + [\text{অনুঘটক}] = SO_3$ (কঠিন)
সালফার ডাই-অক্সাইড অক্সিজেন + [অনুঘটক]→সালফার ট্রাই-অক্সাইড

$SO_2 + NO_2 = SO_3 + NO$
সালফার ডাই-অকসাইড + নাইট্রোজেন ডাই-অকসাইড → সালফার ট্রাই-অক্সাইড + নাইট্রিক অক্সাইড

$2NO + O_2 = 2NO_2$
নাইট্রিক অকসাইড অক্সিজেন → নাইট্রোজেন ডাই-অকসাইড

ধাতুর অক্সাইড (Metallic oxides)

সোনা ও প্লাটিনাম ছাড়া অন্য যে-কোন ধাতুজাতীয় মৌলিক পদার্থ বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে ধাতুব অক্সাইড গঠিত হয়। এই অক্সাইডগুলিকে বলা হয় **ধাতুভস্ম** (calx)। ধাতুর অক্সাইড মাত্রেই কঠিন পদার্থ। নিম্নে বিভিন্ন কয়েকটি ধাতুর অক্সাইড দেওয়া হইল। বিক্রিয়া :

$2Mg + O_2 = 2MgO$
ম্যাগনেসিয়াম + অক্সিজেন → ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড

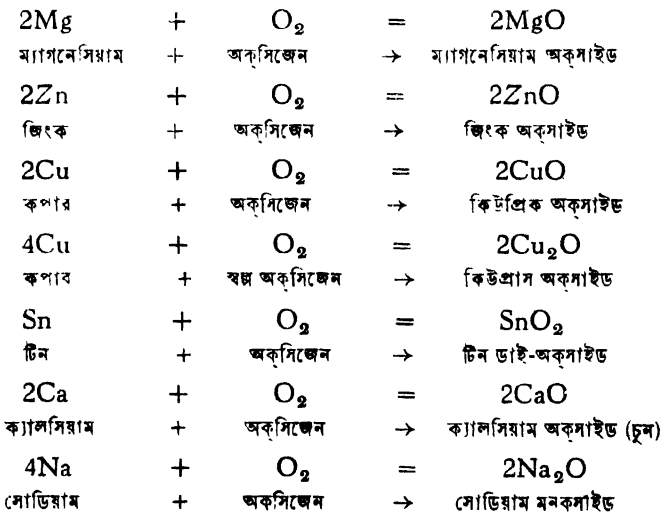
$2Zn + O_2 = 2ZnO$
জিংক + অক্সিজেন → জিংক অক্সাইড

$2Cu + O_2 = 2CuO$
কপার + অক্সিজেন → কিউপ্রিক অক্সাইড

$4Cu + O_2 = 2Cu_2O$
কপার + স্বল্প অক্সিজেন → কিউপ্রাস অক্সাইড

$Sn + O_2 = SnO_2$
টিন + অক্সিজেন → টিন ডাই-অক্সাইড

$2Ca + O_2 = 2CaO$
ক্যালসিয়াম + অক্সিজেন → ক্যালসিয়াম অক্সাইড (চুন)

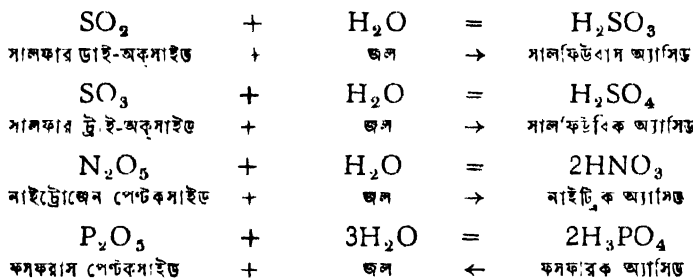
$4Na + O_2 = 2Na_2O$
সোডিয়াম + অকসিজেন → সোডিয়াম মনকসাইড

ধাতুর অক্সাইড সবই কঠিন এবং আকারে কোনটি স্ফটিকাকার ও কোনটি পাউডারের মত। পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম, দস্তা, জিংক, অ্যালুমিনিয়াম, টিন, সীসা (লেড) ইত্যাদি ধাতুর অক্সাইড দেখিতে সাদা

পাউডারের মত। সোডিয়াম ও রূপার অক্‌সাইড দেখিতে বাদামী রঙের। পারদের অক্‌সাইড লালচে। কিউপ্রিক অকসাইড দেখিতে কালো কিন্তু কিউপ্রাস অক্‌সাইড লালচে।

অক্‌সাইডের শ্রেণীবিভাগ (Classification of Oxides)

সমস্ত রকম অক্‌সাইডকে সাধারণত পাঁচ শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। যথা :

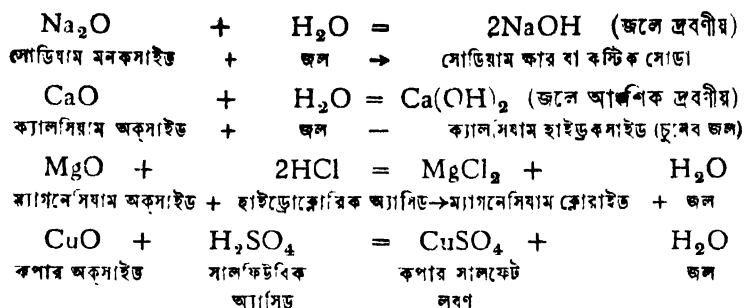
(i) **অ্যাসিডিক বা আম্লিক অক্‌সাইড** (Acidic Oxide)—সালফার ডাই-অক্‌সাইড (SO_2), সালফার ট্রাই-অক্‌সাইড (SO_3), কার্বন ডাই-অক্‌সাইড (CO_2), ফসফরাস পেণ্টক্‌সাইড (P_2O_5), নাইট্রোজেন পেণ্টক্‌সাইড (N_2O_5) ইত্যাদি অ-ধাতুর অক্‌সাইডগুলি জলে দ্রবীভূত হয় এবং সেই জলীয় দ্রবণে **অ্যাসিডের লক্ষণ প্রকাশ পায়**। তাই, এরূপ, জলীয় দ্রবণে **নীল লিটমাস কাগজ ডুবাইলে তাহা লাল হইয়া যায়। সুতরাং যে অ-ধাতব অক্সাইডের জলীয় দ্রবণে অ্যাসিডের ধর্ম প্রকাশ পায় সেরূপ অক্‌-সাইডকে অ্যাসিডিক অক্সাইড বলা হয়**। ইহাদের বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে :

SO_2	+	H_2O	=	H_2SO_3
সালফার ডাই-অক্‌সাইড	+	জল	→	সালফিউরাস অ্যাসিড
SO_3	+	H_2O	=	H_2SO_4
সালফার ট্রাই-অক্‌সাইড	+	জল	→	সালফিউরিক অ্যাসিড
N_2O_5	+	H_2O	=	$2HNO_3$
নাইট্রোজেন পেণ্টকসাইড	+	জল	→	নাইট্রিক অ্যাসিড
P_2O_5	+	$3H_2O$	=	$2H_3PO_4$
ফসফরাস পেণ্টক্‌সাইড	+	জল	←	ফসফরিক অ্যাসিড

(ii) **বেসিক বা ক্ষারকীয় অক্সাইড** (Basic oxides) : সোডিয়াম ও পটাসিয়াম মনক্‌সাইড (Na_2O : K_2O), ক্যালসিয়াম অক্‌সাইড বা চুন (CaO) ইত্যাদি অক্‌সাইডগুলি জলে দ্রবীভূত হয় এবং সেই জলীয় দ্রবণে **ক্ষার বা অ্যালকালির** (alkali) **লক্ষণ** প্রকাশ পায়। তাই, এরূপ জলীয় দ্রবণে **লাল লিটমাস কাগজ ভিজাইলে তাহা নীল হইয়া যায়**। কিন্তু সকল প্রকার ধাতব অক্‌সাইড জলে দ্রাব্য নহে। বেসিক অক্‌সাইডের প্রধান লক্ষণ এই ইহা যে অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া ঘটাইয়া লবণ উৎপন্ন করে। **যে অক্সাইড অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ ও জল গঠন করে তাহাকে ক্ষারকীয় অক্‌সাইড বলে**। ইহাদের বিক্রিয়া এইরূপ :

Na_2O + H_2O = $2NaOH$ (জলে দ্রবণীয়)
সোডিয়াম মনক্সাইড + জল → সোডিয়াম ক্ষার বা কস্টিক সোডা

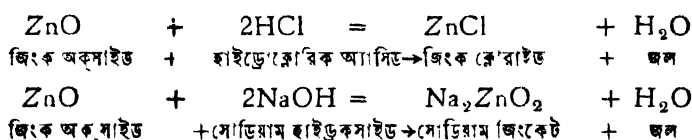
CaO + H_2O = $Ca(OH)_2$ (জলে আংশিক দ্রবণীয়)
ক্যালসিয়াম অক্সাইড + জল — ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড (চুনের জল)

MgO + $2HCl$ = $MgCl_2$ + H_2O
ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড + হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড→ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড + জল

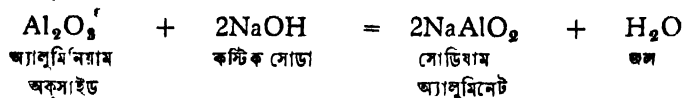
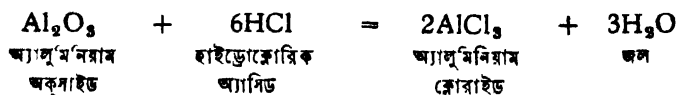
CuO + H_2SO_4 = $CuSO_4$ + H_2O
কপার অক্সাইড সালফিউরিক অ্যাসিড কপার সালফেট লবণ জল

(iii) **প্রশম** বা **নিরপেক্ষ** তথা **নিউট্রাল অক্সাইড** (Neutral oxides): **কোন কোন অ-ধাতব অক্সাইডের জলীয় মিশ্রণের মধ্যে অ্যাসিড বা ক্ষারের কোন ধর্মই প্রকাশ পায় না বলিয়া ইহাদের প্রশম বা নিরপেক্ষ অক্সাইড (নিউট্রাল অক্সাইড) বলা হয়। জলের মধ্যে ইহারা দ্রবীভূত হয় না বা জলের সঙ্গে ইহাদের কোন বিক্রিয়া ঘটে না।** কার্বন মনক্সাইড (CO), নাইট্রিক অক্সাইড (NO), জল (H_2O) ইত্যাদি প্রশম অক্সাইড।

(iv) **উভধর্মী বা অ্যামফোটারিক অক্সাইড** (Amphoteric oxides): জিংক (ZnO), টিন (SnO) ও অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড (Al_2O_3)-গুলির ন্যায় ধাতব অক্সাইড যাহা অ্যাসিড ও ক্ষারের সঙ্গে সমভাবে বিক্রিয়া ঘটায়—উহাদের **উভধর্মী** বা **অ্যামফোটারিক অক্সাইড বলা হয়।** অর্থাৎ এরূপ অক্সাইডে অ্যাসিডিক ও বেসিক—উভয় অক্সাইডের ধর্ম সমভাবে বর্তমান। **যে সকল অক্সাইডে অম্লীয় ও ক্ষারকীয় বা অ্যাসিড ও অ্যালকাইন এরূপ উভয় প্রকার অক্সাইডের ধর্ম প্রকাশ পায় তাহাকে উভধর্মী অক্সাইড বলে।**

ZnO + $2HCl$ = $ZnCl$ + H_2O
জিংক অক্সাইড + হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড→জিংক ক্লোরাইড + জল

ZnO + $2NaOH$ = Na_2ZnO_2 + H_2O
জিংক অক্সাইড +সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড→সোডিয়াম জিংকেট + জল

জিংক অক্সাইড (ZnO) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটায় বলিয়া ইহা বেসিক বা ক্ষার-ধর্মী ; আবার ইহা ক্ষারের সঙ্গে (NaOH) বিক্রিয়া ঘটায় বলিয়া অ্যাসিড-ধর্মী। অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডেও একই ধর্ম বর্তমান। যথা :—

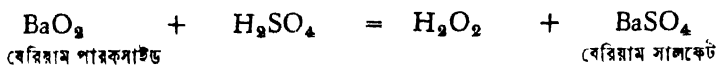
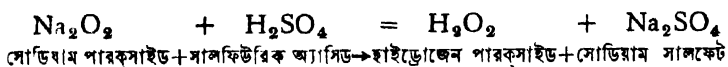
Al_2O_3	+	$6HCl$	=	$2AlCl_3$	+	$3H_2O$
অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড		হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড		অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড		জল

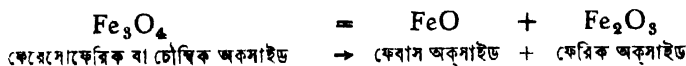
Al_2O_3	+	$2NaOH$	=	$2NaAlO_2$	+	H_2O
অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড		কস্টিক সোডা		সোডিয়াম অ্যালুমিনেট		জল

(v) **পারক্সাইড** (Peroxides): **যে অক্সাইড অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন করে সেইরূপ অক্সাইডকে পারক্সাইড বলে।** সাধারণ ভ্যালেন্সী অনুযায়ী যতখানি অক্সিজেন থাকা প্রয়োজন অকসাইডের বিশেষ ধরনের গঠনের কারণে তার চেয়ে বেশী পরিমাণে অকসিজেন থাকে। এরূপ ধাতব পারকসাইডের সঙ্গে অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পারকসাইড [H_2O_2 : H–O–O–H] গঠিত হয়। পারক্সাইডে অ্যাসিডিক বা বেসিক অকসাইডের চেয়ে বেশী অক্সিজেন থাকে। যথা:

$$Na_2O_2 + H_2SO_4 = H_2O_2 + Na_2SO_4$$

সোডিয়াম পারক্সাইড+সালফিউরিক অ্যাসিড→হাইড্রোজেন পারক্সাইড+সোডিয়াম সালফেট

$$BaO_2 + H_2SO_4 = H_2O_2 + BaSO_4$$

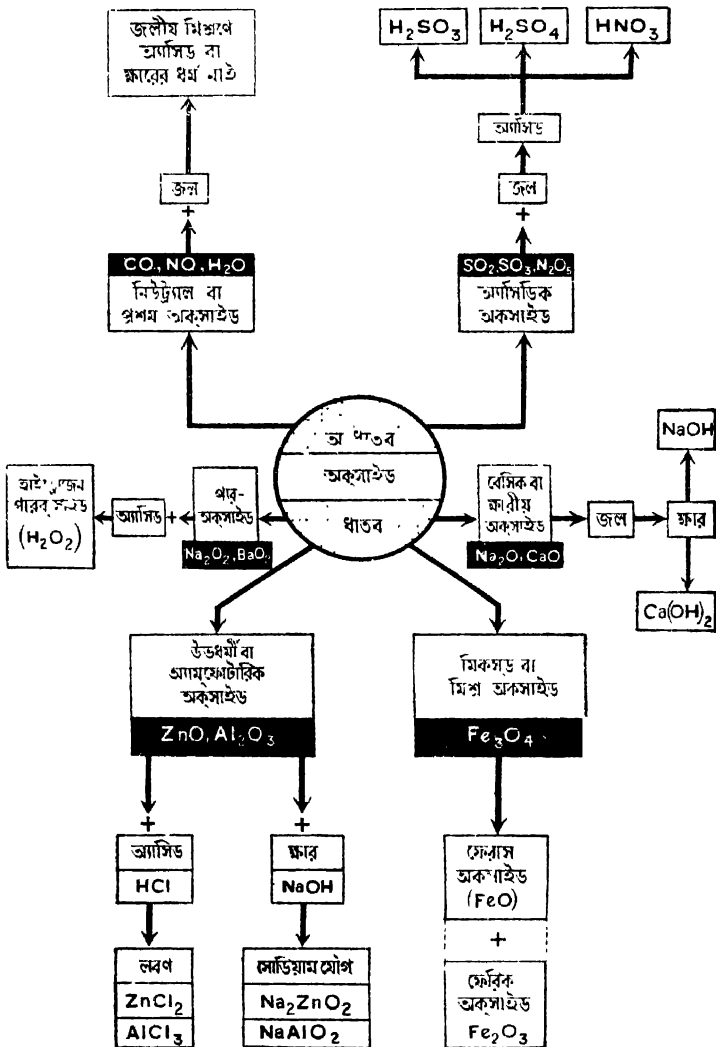
বেরিয়াম পারক্সাইড ... বেরিয়াম সালফেট

(iv) **মিশ্র অক্সাইড** (Mixed oxides): **একাধিক সরল অক্সাইড অণুর ক্ষীণ আনুপাতিক সংযোগকে মিশ্র অক্সাইড বলা হয়।** যথা:

$$Fe_3O_4 = FeO + Fe_2O_3$$

ফেরসোফেরিক বা চৌম্বিক অকসাইড → ফেরাস অক্সাইড + ফেরিক অক্সাইড

অক্সাইডের চার্ট

অ্যাসিডিক অক্সাইড	বেসিক বা ক্ষারকীয় অক্সাইড	অ্যামফোটারিক বা উভধর্মী অক্সাইড	নিউট্রাল বা প্রশম অক্সাইড	পারকসাইড	মিশ্র অক্সাইড
CO_2 SO_2 SO_3 P_2O_5 N_2O_5	Na_2O K_2O CaO MgO CuO	ZnO Al_2O_3 SnO	H_2O NO CO	Na_2O_2 H_2O_2 BaO_2	Fe_3O_3 ($FeO+Fe_2O_3$) Mn_3O_4 ($MnO+Mn_2O_3$)

অক্সাইড যৌগের চার্ট

(Chart of oxides)

Questions to be discussed

1. How would you prepare oxygen from Potassium chlorate? What are the precautions necessary?

2. What is catalysis? How catalyst help laboratory process of preparation of oxygen?

3. What are oxides? How would you classify them? Give one example of each class of oxide stating the basis of its classification as such. [*H. S. Exam. 1960*]

4. How would you prepare oxygen from Sodium peroxide, Mercuric oxide & Lead nitrate? Give equations.

5. How would you prepare oxygen on a commercial scale by liquifaction of air? State simple chemical principal only.

6. Describe experiments to prove that oxygen (i) is a supporter of combustion, (ii) is an active element, (iii) forms acidic oxide when sulphur is burnt in it and (iv) forms basic oxide when sodium is heated in it.

7. What happens when Na_2O, CaO, CO_2, SO_2, SO_3, and N_2O_5 are dissolved in water. Give equations. How would you prove their basic or acidic nature?

8. How would you prepare oxygen without applying heat? Describe the process and give a simple sketch of the apparatus

9. You are given six gas jars, full of oxygen, and a few pieces of sodium, calcium, sulphur, phosphorus, zinc and a deflagrating spoon. How would you prepare their oxides and classify them? Describe experiments

10. Write short notes on acidic oxide and basic oxide. [*H. S. Exam. 1961*]

11. When mercuric oxide is strongly heated in a hard glass tube a gas is evolved. What is this gas? Describe its laboratory method of preparation. Why manganese dioxide is mixed with it? Describe four experiments to show that the gas supports combustion. Give equations. [*H. S. 1961*]

12. How oxygen may be prepared from: (a) Air (b) Water (c) Potassium chlorate? Describe one method of preparation in details. Describe experiments to show how oxygen may form (a) An acidic oxide (b) An alkaline oxide (c) An insoluble basic oxide. [*H. S. 1962 (Comp)*]

13. Give full experimental details of how you would prepare and collect several jarfuls of oxygen in the laboratory. How is oxygen prepared on a large scale? The word oxygen means 'acid producer'. Give two examples to show that the name is justified and two other examples to show that the name is a misnomer. [*H. S. 1964.*]

14. Give examples of three substances which yield oxygen when heated, either alone or after mixing with other substance. Describe how oxygen may be converted into (a) An acid oxide (b) an alkaline oxide (c) an insoluble basic oxide. Give the reasons for classifying oxides. [*H. S. 1965*]

মৌলিক পদার্থ নাইট্রোজেন

পরিচয় : বায়ুর মধ্যে সবচেয়ে বেশী পরিমাণে যে গ্যাসটি পাওয়া যায় তাহার নাম নাইট্রোজেন। নাইট্রোজেন একটি মৌলিক পদার্থ। শীলি প্রথমে এই গ্যাসটি আবিষ্কার করেন এবং ইহার নাম দেন 'অপ-বায়ু'। কিন্তু নাইট্রোজেন যে একটি মৌলিক পদার্থ 1775 খ্রীষ্টাব্দে একথা প্রথমে সুস্পষ্টভাবে প্রমাণ করেন বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার। ল্যাভয়সিয়ার এই গ্যাসটির নাম দেন 'অ্যাজোট' বা নিষ্প্রাণ-বায়ু। 1790 খ্রীষ্টাব্দে চ্যাপটাল (Chaptal) নামে এক ফরাসী বিজ্ঞানী নাইটার বা সোরা হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করিয়া 'অ্যাজোট' শব্দটির বদলে সর্বপ্রথম নাইট্রোজেন কথাটি ব্যবহার করেন।

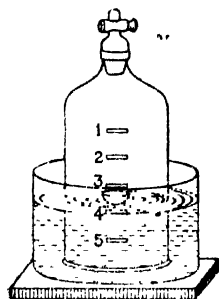
নাইট্রোজেনের প্রতীক-চিহ্ন—N ; অণুর ফর্মুলা—N_2 , প্রধান যোজ্যতা প্রধানত—3 ; কিন্তু ইহার বিভিন্ন যোজ্যতা—1, 2, 3, 4, 5 হইতে পারে ; পারমাণবিক ওজন—14 ; আণবিক ওজন—$14+14=28$.

প্রাপ্তি (Occurence) **:** মুক্ত নাইট্রোজেনের প্রধান ভাণ্ডার বায়ু। বায়ুর পাঁচ ভাগের চার ভাগই নাইট্রোজেন। কয়লার খনি বা আগ্নেয়গিরির গ্যাসের মধ্যেও কিছু পরিমাণ মুক্ত নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। পটাসিয়াম, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন এবং কার্বনের সঙ্গে মিলিত অবস্থায় সোরা বা নাইটার, অ্যামোনিয়া ও জৈব পদার্থ প্রোটিন এবং অন্যান্য জৈব ও অজৈব পদার্থের মধ্যে নাইট্রোজেন পাওয়া যায়।

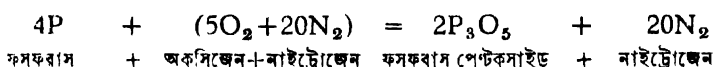
নাইট্রোজেন প্রস্তুতি (Preparation of Nitrogen)

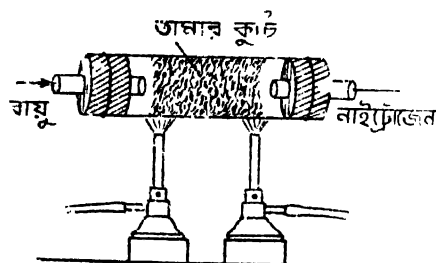
বায়ু হইতে (From air) **:** বায়ু মূলত অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের মিশ্র পদার্থ। বায়ু হইতে অক্সিজেন অপসারিত করা সম্ভব হইলে অবশিষ্ট থাকে নাইট্রোজেন। একটি আবদ্ধ পাত্রে পারদ, টিন, ফসফরাস, গন্ধক ইত্যাদি ধাতু বা অ-ধাতু পোড়াইলে বায়ুর অক্সিজেনের সঙ্গে এই সব পদার্থের সংযোগের ফলে কঠিন পদার্থরূপে অক্সাইড গঠিত হয় এবং পাত্রে অবশিষ্ট থাকে নাইট্রোজেন গ্যাস।

বায়ু (O_2+N_2) + ধাতু বা অ-ধাতু = [ধাতু বা অ-ধাতুর অক্সাইড] + নাইট্রোজেন (N_2)

1. **পরীক্ষা** (Experiment) : একটি গামলা জাতীয় (ফ্ল্যাট) বাটিতে জল লও। পোরসেলিনের একটি ছোট বাটিতে এক টুকরা ফস্‌ফরাস লও এবং ছোট বাটিটি বড় বাটির জলে ভাসাইয়া দাও। এবার একটি বড় বেলজার দিয়া ফসফরাসের বাটিটি ঢাকিয়া রাখ ; বেলজারের ছিপি খুলিয়া একটি জলন্ত পাটকাঠির সাহায্যে ফসফরাস জ্বালাইয়া দিয়া তাড়াতাড়ি বেলজারের ছিপি আঁটিয়া দাও। কিছুক্ষণের মধ্যেই বেলজারটি একরকম সাদা গ্যাসে ভরিয়া যাইবে ও পরে এই গ্যাসটি জলে দ্রবীভূত হইবে এবং দেখা যাইবে যে বেলজারের এক-পঞ্চমাংশ স্থান জলে ভরিয়া গিয়াছে। বায়ুতে এক আয়তন অক্‌সিজেন এবং চার আয়তন নাইট্রোজেন। সেই অনুপাতে বেলজারে বাকী চার-পঞ্চমাংশ আয়তন যে-গ্যাস রহিল তাহাই নাইট্রোজেন। বিক্রিয়া ঘটে এইভাবে :

নাইট্রোজেন উৎপাদন

$$4P + (5O_2+20N_2) = 2P_2O_5 + 20N_2$$

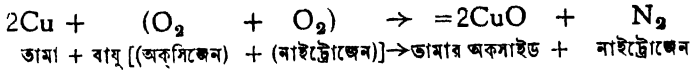
ফসফরাস + অক্‌সিজেন+নাইট্রোজেন ফসফরাস পেণ্টক্‌সাইড + নাইট্রোজেন

2. **পরীক্ষা :** তামা বা কপারের সাহায্যে বায়ু হইতে অন্যভাবেও নাইট্রোজেন সংগ্রহ করা যায়। কোন আবদ্ধ পাত্রের বায়ুর মধ্যে তামার কুচি কড়া তাপে উত্তপ্ত করিলে তামার সঙ্গে বায়ুর অক্‌সিজেনের সংযোগ ঘটে এবং তামার অক্‌সাইড তৈরী হয় ও অবশিষ্ট থাকে নাইট্রোজেন।

একটি তামা (Cu)-পূর্ণ দহন-নলকে (combustion tube) উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিয়া নলের ভিতর দিয়া বায়ু (N_2+O_2) প্রবাহিত করিলে সেই বায়ুর

তামার সাহায্যে নাইট্রোজেন উৎপাদন

সঙ্গে উত্তপ্ত তামা বা কপারের বিক্রিয়া ঘটে এবং বায়ুর অক্‌সিজেন ও কপার যুক্ত

হইয়া কঠিন ও কালো কপার অক্সাইড (CuO) গঠন করে। যে গ্যাস বিক্রিয়ার পর নল হইতে বাহির হইয়া আসে তাহা প্রধানত নাইট্রোজেন। বিক্রিয়া :

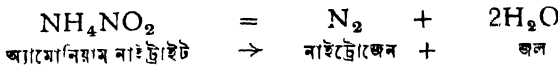
$$2Cu + (O_2 + O_2) \rightarrow = 2CuO + N_2$$

তামা + বায়ু [(অক্সিজেন) + (নাইট্রোজেন)]→তামার অকসাইড + নাইট্রোজেন

3. **বায়ু তরলীত করিয়া :** চাপ-ঘন বায়ু শীতল করিয়া বায়ুকে তরল করিলে এবং সেই তরল-বায়ু বাষ্পায়িত করা হইলে প্রথমে নাইট্রোজেন বাষ্পায়িত হইয়া যায়, এবং অক্সিজেন তরলরূপে অবশিষ্ট থাকে। [অক্সিজেন অধ্যায় দ্রষ্টব্য]

রসায়নাগারের পদ্ধতি (Laboratory process): বায়ু হইতে যে নাইট্রোজেন সংগ্রহ করা হয় তাহার মধ্যে জলীয় বাষ্প, কার্বন ডাই-অক্সাইড ও হিলিয়াম জাতীয় নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি থাকিয়া যায়। তাই, বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন তৈরী করা হয় প্রধানত অ্যামোনিয়ার যৌগিক পদার্থ **অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট** (NH_4NO_2) হইতে।

রাসায়নিক বিক্রিয়া (Chemical reactions): অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের একটি যৌগিক পদার্থ। ইহা অ্যামোনিয়াম (NH_4) যৌগ-মূলক ও নাইট্রাইট মূলকের (NO_2) সংযোগে গঠিত। অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট উত্তপ্ত করিলে ইহা ভাঙ্গিয়া যায় এবং তৈরী হয় নাইট্রোজেন ও জল। যথা :

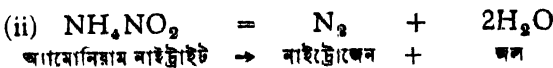
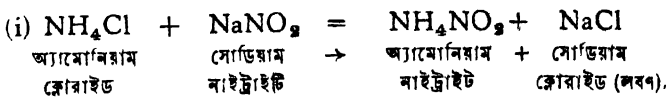
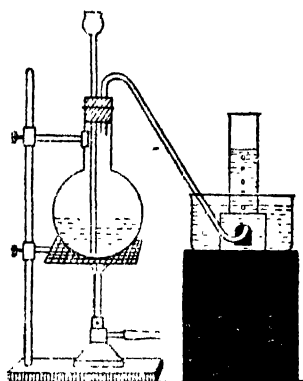
$$NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O$$

অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট → নাইট্রোজেন + জল

শুধু অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট ব্যবহার করিলে বিক্রিয়াটির দ্রুতগতির জন্য বিস্ফোরণ ঘটিতে পারে। তাই, শুধু অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট ব্যবহার না করিয়া ঘন দ্রবণাকারের অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (নিশাদল—NH_4Cl) ও সোডিয়াম নাইট্রাইট ($NaNO_2$) মিশ্রিত করিয়া ব্যবহার করা হয়। এই যৌগ দুইটি পারস্পরিক বিক্রিয়ায় প্রথমে অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট তৈরী করে এবং সেই অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট দ্বিতীয় পর্যায়ে নাইট্রোজেন ও জলে পরিণত হয়। রসায়নাগারের পরীক্ষায় বিক্রিয়াটি দুই পর্যায়ে ঘটে। যথা :

(i) $$NH_4Cl + NaNO_2 = NH_4NO_2 + NaCl$$

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড + সোডিয়াম নাইট্রাইট → অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট + সোডিয়াম ক্লোরাইড (লবণ).

(ii) $$NH_4NO_2 = N_2 + 2H_2O$$

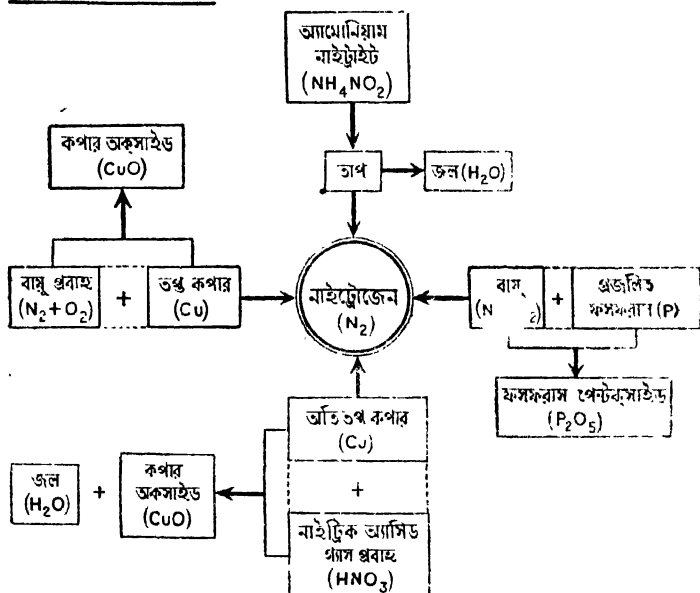
অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট → নাইট্রোজেন + জল

পরীক্ষা (Expt): একটি ফ্লাস্কে সম-পরিমাণ ওজনে **অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রাইট** লবণের দ্রবণ লও। ফ্লাস্কের মুখ-সহি একটি কর্কের মাথায় দুইটি ছিদ্র কর। এই সচ্ছিদ্র কর্ক দিয়া ফ্লাস্কটি মুখটি বন্ধ কর। ফ্লাস্কটি একটি তার-জালের উপরে রাখিয়া ধারকের সাহায্যে ফিট করিয়া বসাও। কর্কের একটি ছিদ্রে একটি **দীর্ঘনল** ফানেল ঢুকাও এবং অপর ছিদ্র দিয়া একটি বাঁকা নির্গম-নল লাগাও। নির্গম-নলের অপর মুখ একটি জলভরা দ্রোণীর মধ্যে রাখ।

অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি

লক্ষ্য রাখ যে, দীর্ঘনল ফানেলের নলটি যেন ফ্লাস্কের দ্রবণের প্রায় তলদেশে প্রবেশ করে এবং নির্গমনলের গোড়ার মুখটি তরলের অনেক উপরে থাকে। এইবার ধীরে ধীরে ফ্লাস্কটি বুন্‌সেন দীপ দ্বারা উত্তপ্ত কর। প্রথমে ফ্লাস্কের বায়ু বাহির হইয়া যাইতে দাও। তারপরে একটি জলভরা গ্যাসজার উপুড় করিয়া নির্গম নলের মুখে বসাইয়া দাও। এইবার নাইট্রোজেন গ্যাস বুদ্বুদের আকারে জারের জল সরাইয়া গ্যাসজার পূর্ণ করিবে। একটি কাচের চাকতি দিয়া জারের মুখ ঢাকিয়া নাইট্রোজেন গ্যাস-পূর্ণ জারটি সরাইয়া লও এবং নাইট্রোজেনের ধর্ম পরীক্ষার জন্য কয়েক জার নাইট্রোজেন এইভাবে সংগ্রহ কর।

সতর্কতা (Precaution): নাইট্রোজেন উৎপন্ন হইতে আরম্ভ করিলে দীপটি ফ্লাস্কের তলা হইতে সরাইয়া লইবে এবং গ্যাসের চাপ কমিয়া গেলে আবার দীপটি ফ্লাস্কের তলায় আনিয়া ধরিবে। এইভাবে বিক্রিয়ার তাপ নিয়ন্ত্রণ করা প্রয়োজন। দীর্ঘনল ফানেলটি এইজন্য লাগানো থাকে যে, ফ্লাস্কের মধ্যে যদি গ্যাসের চাপ বাড়িয়া যায় তবে ফ্লাস্কের দ্রবণ নলের ভিতর দিয়া ফানেলের মুখে উঠিয়া যাইবে। এরূপ অবস্থায় তৎক্ষণাৎ ফ্লাস্কের তলা হইতে দীপ সরাইয়া লইতে হইবে। অন্যথায় ফ্লাস্ক ফাটিয়া বিস্ফোরণ ঘটিবে।

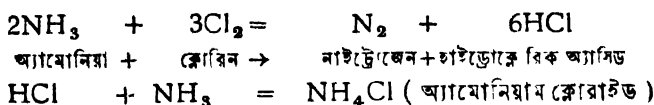
নাইট্রোজেন প্রস্তুতির অন্যান্য উপায় (Other processes of preparation of Nitrogen): আরও কয়েকটি উপায়ে নাইট্রোজেন

তৈরী করা যায়। কিন্তু ব্যবহারিক প্রয়োজনে এরূপ পদ্ধতির উপযোগিতা কম।

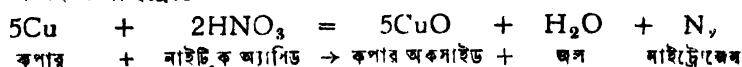
নাইট্রোজেন প্রস্তুতির চার্ট

1. **ঘন অ্যামোনিয়ার** মধ্যে **ক্লোরিন গ্যাস** চালনা করিলে **নাইট্রোজেন** ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অতিরিক্ত অ্যামোনিয়ার সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড গঠন করে। যথা :

$$2NH_3 + 3Cl_2 = N_2 + 6HCl$$

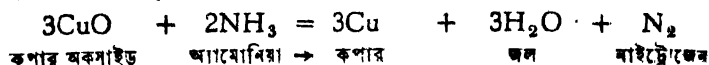
অ্যামোনিয়া + ক্লোরিন → নাইট্রোজেন + হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড

$HCl + NH_3 = NH_4Cl$ (অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড)

2. **অতি তপ্ত কপারের** (Cu) উপর দিয়া **নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প** চালাইলে **নাইট্রোজেন** গ্যাস তৈরী হয়। যথা :

$$5Cu + 2HNO_3 = 5CuO + H_2O + N_2$$

কপার + নাইট্রিক অ্যাসিড → কপার অকসাইড + জল নাইট্রোজেন

3. **লাল তপ্ত কপার অকসাইডের** উপরে **অ্যামোনিয়া গ্যাস** চালাইলে **নাইট্রোজেন গ্যাস** তৈরী হয়। যথা :

$$3CuO + 2NH_3 = 3Cu + 3H_2O + N_2$$

কপার অকসাইড অ্যামোনিয়া → কপার জল নাইট্রোজেন

নাইট্রোজেনের ধর্ম (Properties)

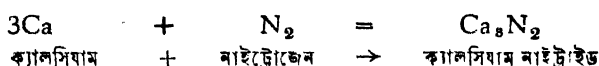
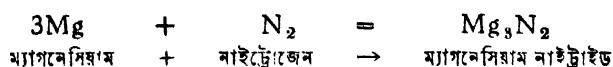
ভৌতধর্ম (Physical properties): (i) নাইট্রোজেন একটি বর্ণ, গন্ধ ও স্বাদহীন গ্যাস, (ii) নাইট্রোজেন অক্সিজেনের চেয়ে অপেক্ষাকৃত কম এবং খুব সামান্য পরিমাণে জলে দ্রবীভূত হয় ; (iii) নাইট্রোজেনের উপর খুব চাপ দিয়া ও ঠাণ্ডা করিয়া ইহাকে প্রথমে তরল এবং পরে কঠিন পদার্থে পরিণত করা যায় ; (iv) নাইট্রোজেন বায়ুর চেয়ে হাল্কা। ইহার বাষ্প ঘনত্ব 14.

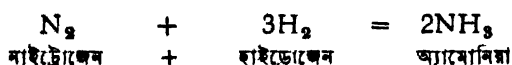
রাসায়নিক ধর্মঃ (i) **অ-প্রাণ বায়ু** (Not a supporter of respiration): নাইট্রোজেন বিষাক্ত নয় কিন্তু নাইট্রোজেনে দম নেওয়া যায় না।

(ii) **দাহক বা দহনশীল নয়** (Neither supporter of combustion nor combustible): নাইট্রোজেনের মধ্যে আগুন জ্বালানো যায় না, কারণ নাইট্রোজেন নিজেও জলে না বা অন্য কোন পদার্থকে জ্বলিতে সাহায্য করে না,—অর্থাৎ নাইট্রোজেন দাহক বা দহনশীল পদার্থ নয়।

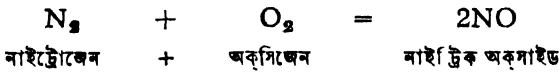
(iii) **নিষ্ক্রিয় (Inert) পদার্থ**ঃ নাইট্রোজেন খুব নিষ্ক্রিয় পদার্থ। তাই নাইট্রোজেন প্রত্যক্ষভাবে অন্যান্য মৌলিক পদার্থের সঙ্গে সহজে যুক্ত হইয়া যৌগিক পদার্থ গঠন করিতে পারে না।

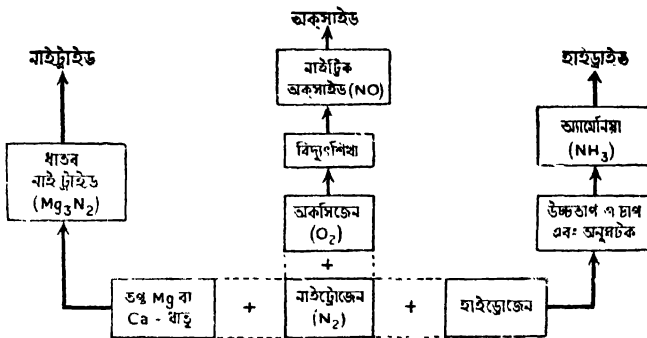
(iv) **নাইট্রাইড** (Nitride): নাইট্রোজেন উচ্চ তাপে ম্যাগনেসিয়াম ক্যালসিয়ামের সঙ্গে যুক্ত হইয়া যৌগিক পদার্থ গঠন করিতে পারে। নাইট্রোজেনের এরূপ যৌগিক পদার্থকে **নাইট্রাইড** বলা হয়। যথা :

$3Mg$	$+$	N_2	$=$	Mg_3N_2
ম্যাগনেসিয়াম	+	নাইট্রোজেন	→	ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড
$3Ca$	$+$	N_2	$=$	Ca_3N_2
ক্যালসিয়াম	+	নাইট্রোজেন	→	ক্যালসিয়াম নাইট্রাইড

(v) **অ্যামোনিয়া বা নাইট্রোজেন হাইড্রাইড** (Ammonia) : লোহার কুচিকে অনুঘটক রূপে ব্যবহার করিয়া উচ্চ চাপ ও তাপের প্রভাবে হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেনের সংযোগ ঘটাইয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস গঠন করা যায়। যথা :

N_2	$+$	$3H_2$	$=$	$2NH_3$
নাইট্রোজেন	+	হাইড্রোজেন		অ্যামোনিয়া

(vi) **নাইট্রোজেন অক্সাইড :** বিদ্যুতের সংস্পর্শে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগে নাইট্রিক অক্সাইড তৈরী করা যায়। যথা :

$$N_2 \quad + \quad O_2 \quad = \quad 2NO$$

নাইট্রোজেন + অক্সিজেন নাইট্রিক অক্সাইড

নাইট্রোজেন নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O), নাইট্রিক অক্সাইড (NO) নাইট্রোজেন ট্রাই-অক্সাইড (N_2O_3), নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড (N_2O_4) এবং নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড (N_2O_5) নামে কয়েকটি অক্সাইড গঠন করে। ইহাদের নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের প্রত্যক্ষ সংযোগে তৈরী করা যায় না। ইহাদের অপ্রত্যক্ষভাবে তৈরী করা যায়।

নাইট্রোজেনের যোগ

পরীক্ষা : (i) নাইট্রোজেন গ্যাস-ভরা জারে একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি ঢুকাও। পাটকাঠি সঙ্গে সঙ্গে নিভিয়া যাইবে।

(ii) নাইট্রোজেন-ভরা জারের মধ্যে কিছু স্বচ্ছ চুন-জল লও এবং জারের মুখে কাচের চাকতি চাপা দিয়া জারটি ধরিয়া গড়াইয়া লও। চুন-জল ঘোলা হইবে না। কারণ, নাইট্রোজেনের সঙ্গে চুন-জলের কোন বিক্রিয়া ঘটে না।

ব্যবহার (Uses) : (i) অ্যামোনিয়া, নাইট্রিক অ্যাসিড ও সার তৈরীর জন্য এবং (ii) বিদ্যুৎ বাতির বাল্ব এবং উচ্চ তাপের থার্মোমিটার ভরতি করার জন্য নাইট্রোজেন ব্যবহার করা হয়।

সনাক্তকরণ (Test) (i) যে-গ্যাসের মধ্যে জলন্ত পাটকাঠি নিভিয়া যায়, এবং যাহার সংস্পর্শে চুন-জল ঘোলা হয় না, ও (ii) যে-গ্যাস তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম শুষিয়া নেয়—তাহাই নাইট্রোজেন গ্যাস।

Questions to be discussed

1. How would you prepare nitrogen from air? Describe a simple experiment.

2. How would you prepare nitrogen in the laboratory? What precautions are necessary.

8. Why nitrogen is called an inactive element? What do you understand by nitride? Give examples of formation of two nitrides.

4. How nitrogen reacts with hydrogen, oxygen, magnesium and calcium? Give equation, and state condition of relation.

১৬ মৌলিক পদার্থ হাইড্রোজেন

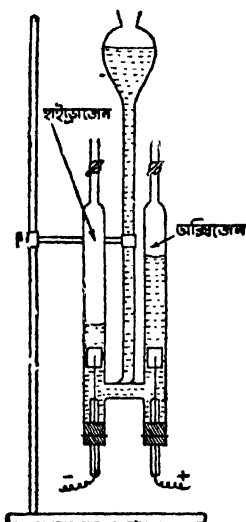
পরিচয়ঃ হাইড্রোজেন সবচেয়ে হাল্‌কা একটি মৌলিক পদার্থ। তাই হাইড্রোজেনকে প্রথম সংখ্যক মৌলিক পদার্থ বলা হয়। 1630 খ্রীষ্টাব্দে এই গ্যাসটির সন্ধান পান প্রথমে বেলজিয়ামের বিজ্ঞানী ভ্যান হেলমণ্ট (Van Helmont)। তারপরে আইরিশ বিজ্ঞানী রবার্ট বয়েল (1627-1691) এই গ্যাসটি তৈরী করিতে সক্ষম হন। এই গ্যাসটি লইয়া বৃটিশ বিজ্ঞানী ক্যাভেন-ডিশ অনেক পরীক্ষা করেন। আগুনের স্পর্শে এই গ্যাসটি জ্বলিয়া ওঠে। তাই তিনি গ্যাসটির নাম দেন **জ্বলন গ্যাস** (Inflammable gas)। ক্যাভেনডিশের পরীক্ষাতেই প্রমাণিত হয় যে হাইড্রোজেন একটি মৌলিক পদার্থ। কিন্তু নিজের পরীক্ষা তিনি ঠিক মত ব্যাখ্যা করিতে পারেন নাই। 1783 খ্রীষ্টাব্দে বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার প্রমাণ করেন যে, হাইড্রোজেন একটি মৌলিক পদার্থ। বায়ুতে হাইড্রোজেন গ্যাসটি জ্বালাইলে জল তৈরী হয়। ল্যাভয়সিয়ার তাই গ্যাসটির নাম দেন **হাইড্রোজেন বা জলের উৎপাদক**।

হাইড্রোজেনের প্রতীক চিহ্ন—H ; অণুর ফর্মুলা—H_2 ; যোজ্যতা—1 ;

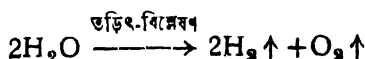
পারমাণবিক ওজন—1 , আণবিক ওজন—$1+1=2$.

প্রাপ্তি (Occurrence) **:** হাইড্রোজেন মৌল অবস্থায় এবং মুক্ত পদার্থরূপে খুব কমই পাওয়া যায়। পেট্রোলিয়ামের খনিতে এবং আগ্নেয়গিরির গ্যাসে সামান্য পরিমাণে মুক্ত হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। হাইড্রোজেনের প্রধান ভাণ্ডার জল। জল হাইড্রোজেন ও অক্‌সিজেনের যৌগিক পদার্থ। সব রকম পেট্রোলিয়াম এবং গাছ-পাতা-জীব-জন্তু অর্থাৎ জৈব পদার্থের মধ্যে যৌগ অবস্থায় কার্বনের সঙ্গে হাইড্রোজেনও পাওয়া যায়। সব রকম অ্যাসিড ও ক্ষারের মধ্যেও হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

জল হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি
(Preparation of Hydrogen from water)

1. **তড়িদ্বিশ্লেষণ পদ্ধতি** (Electrolysis of water) : জল (H_2O) হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগিক পদার্থ। অ্যাসিড মিশ্রিত জলের মধ্যে তড়িদ্-প্রবাহ চালনা করিলে জল বিশ্লিষ্ট হইয়া যায় এবং তরল জল হাইড্রোজেন গ্যাস ও অক্সিজেন গ্যাসে পরিণত হয়। হাইড্রোজেন গ্যাস তৈরী হয় **নেগেটিভ তড়িদ্দ্বার** বা **ক্যাথোডে** এবং অক্সিজেন তৈরী হয় **পজেটিভ তড়িদ্দ্বার** বা **অ্যানোডে**। আয়তনে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় অক্সিজেনের দ্বিগুণ। তড়িদ্বিশ্লেষণ পাত্র বা ভল্টামিটারে (voltameter) এরূপ তড়িদ্বিশ্লেষণ করা হয়।

জলের তড়িদ্বিশ্লেষণে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি

জল ($2H_2O$) তড়িৎ বিশ্লেষণ করিলে পাওয়া যায় দুই আয়তন হাইড্রোজেন ($2H_2$) এবং এক আয়তন অক্সিজেন (O_2)।

$$2H_2O \xrightarrow{\text{তড়িৎ-বিশ্লেষণ}} 2H_2\uparrow + O_2\uparrow$$

[ইহা তৃতীয় খণ্ড পঠনের পরে পুনঃপঠনের সময়ে অনুধাবনযোগ্য :]

জলের তড়িৎ-বিয়োজন : $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$

ক্যাথোড বিক্রিয়া : $H^+ + e = H$; $H + H = H_2\uparrow$

অ্যানোড বিক্রিয়া : $OH^- - e = OH$; $4OH = H_2O + O_2\uparrow$

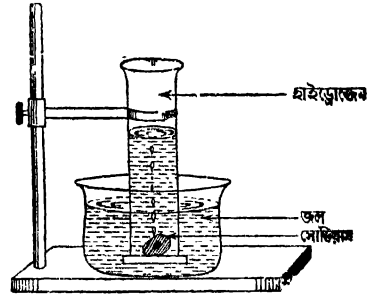
2. **জল ও সোডিয়ামের ন্যায় ক্ষারীয় ধাতুর সংযোগে** (By action of sodium or any alkali metal on water) : জল হইতে অন্যভাবেও হাইড্রোজেন তৈরী করা যায়। সোডিয়াম, পটাসিয়াম বা ক্যালসিয়াম জলের সংস্পর্শে আসামাত্র তীব্র বিক্রিয়া শুরু করে এবং উহার ফলে ক্ষার ও হাইড্রোজেন গ্যাস তৈরী হয়। যথা :

$$2H_2O + 2Na = H_2\uparrow + 2NaOH$$
জল + সোডিয়াম = হাইড্রোজেন + সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড

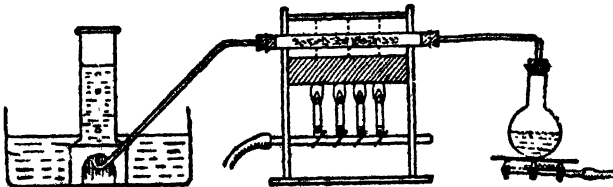
$$2H_2O + Ca = Ca(OH)_2 + H_2\uparrow$$
জল + ক্যালসিয়াম = ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড + হাইড্রোজেন

পটাসিয়ামের সহিত জলের বিক্রিয়ায় যে-হাইড্রোজেন তৈরী হয় তাহা সঙ্গে সঙ্গে অগ্নিশিখায় জ্বলিয়া উঠে বলিয়া পটাসিয়ামের সাহায্যে হাইড্রোজেন তৈরী সম্ভব নয়।

পরীক্ষা : একটি বড় কাচের বাটি বা দ্রোণীতে (trough) জল লও। জলের মধ্যে নীল ও লাল লিটমাস কাগজ ডুবাইয়া দেখ যে লিটমাসের নীল ও লাল রঙের কোন পরিবর্তন হয় না। সোডিয়াম জলের চেয়ে হাল্কা বলিয়া এক টুকরা সোডিয়াম তার দিয়া বাঁধ এবং দ্রোণীর জলে ফেলিয়া দাও। সোডিয়াম জলে ফেলার সঙ্গে সঙ্গেই বুদ্‌বুদের আকারে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হইতে আরম্ভ করিবে। জল ভরা একটি গ্যাসজার উপুড় করিয়া এই তার বাঁধা সোডিয়ামের টুকরাটিকে ঢাকিয়া দাও। জারের জল সরাইয়া গ্যাসজারটি হাইড্রোজেন গ্যাসে পূর্ণ হইয়া যাইবে

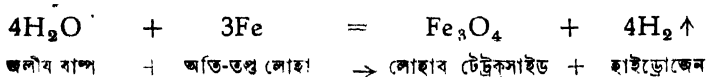
জলের সঙ্গে সোডিয়ামের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন প্রস্তুতি

জলের সংস্পর্শে সোডিয়াম খুব দ্রুত হাইড্রোজেন গ্যাস তৈরী করে। তাই খলের মধ্যে এক টুকরা সোডিয়ামের সঙ্গে কয়েক ফোঁটা পারদ নোড়া দিয়া মাড়িয়া পারদ-সোডিয়ামের একটি মিশ্রণ বা অ্যামালগাম (amalgam) তৈরী করিয়া নিলে সেই পদার্থের সঙ্গে জলের বিক্রিয়া ধীরে ধীরে ঘটে এবং হাইড্রোজেন সংগ্রহ করা সহজতর হয়।

হাইড্রোজেন গ্যাস কিছুক্ষণ তৈরী হওয়ার পর জলের মধ্যে ক্ষার তৈরী হয়। তাই এরূপ বিক্রিয়ার পরে জলে লাল লিটমাস কাগজ ডুবাইলে তাহা নীল হইয়া যায়।

3. **তপ্ত লৌহ ও বাষ্পের বিক্রিয়ায় (By action of steam on red hot iron) :** কোনও আবদ্ধ নলের মধ্যে লোহার কুচি ভরিয়া সেই

জলীয় বাষ্প হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি

লোহাকে লাল তপ্ত (red hot) করার পরে তাহার মধ্যে জলীয় বাষ্প (steam) চালাইয়া দিলে বাষ্পের সঙ্গে লোহার রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে। লোহা বাষ্পের অক্সিজেনের সঙ্গে সংযুক্ত হইয়া লোহার উচ্চ অক্সাইড (আয়রন টেট্রক্সাইড) গঠন করে এবং বাষ্পের হাইড্রোজেনকে মুক্ত করিয়া দেয়। যথা :

$$4H_2O + 3Fe = Fe_3O_4 + 4H_2\uparrow$$

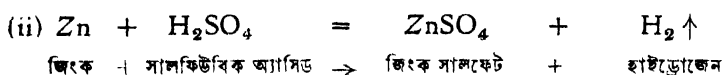
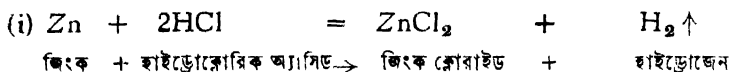
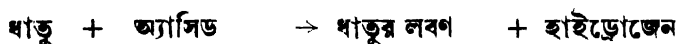
জলীয় বাষ্প + অতি-তপ্ত লোহা → লোহার টেট্রক্সাইড + হাইড্রোজেন

4. **অ্যাসিড হইতে** (By action of metal on dilute acid) : সমস্ত অ্যাসিডের মধ্যেই হাইড্রোজেন আছে। লঘু হাইড্রোক্লোরিক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণের মধ্যে জিংক (দস্তা), লোহা, অ্যালুমিনিয়াম, টিন, ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদি ধাতু দ্রবীভূত করিলে অ্যাসিডের সঙ্গে ধাতুর রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং হাইড্রোজেন ও ধাতুর লবণ তৈরী হয়। এরূপ বিক্রিয়ায় ধাতু অ্যাসিডের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত (replacement) করিয়া গ্যাসরূপে হাইড্রোজেন নির্মুক্ত করে।

ধাতু + অ্যাসিড → ধাতুর লবণ + হাইড্রোজেন

(i) $$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2\uparrow$$

জিংক + হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড → জিংক ক্লোরাইড + হাইড্রোজেন

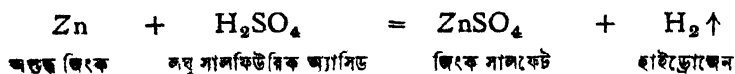
(ii) $$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2\uparrow$$

জিংক + সালফিউরিক অ্যাসিড → জিংক সালফেট + হাইড্রোজেন

রসায়নাগারের পদ্ধতি (Laboratory process) :

রসায়নাগারে **লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড** (dil. H_2SO_4) ও জিংকের (Zn) বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন তৈরী করা হয়। অ্যাসিড ও জিংকের বিক্রিয়া ঘটানো হয় সাধারণত **উল্ফ বোতলের** (Woulf's bottle) মধ্যে।

রাসায়নিক বিক্রিয়া :

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2\uparrow$$

অশুদ্ধ জিংক   লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড   জিংক সালফেট   হাইড্রোজেন

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ খুব বিস্ফোরক। তাই, হাইড্রোজেন তৈরী করার সময় সতর্ক দৃষ্টি রাখিতে হয় যাহাতে হাইড্রোজেনের সঙ্গে বায়ু মিশিতে না পারে। এজন্য উল্‌ফ-বোতল **বায়ু-নিরন্ধ্র** (air-tight) করিয়া অর্থাৎ কোন রন্ধ্রপথে যাহাতে বায়ু ঢুকিতে না পারে—এরূপভাবে বোতল ফিট করিতে হয়।

রসায়নাগারে হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে বায়ু-নিরন্ধ্র পরীক্ষা

হাইড্রোজেন প্রস্তুতির চার্ট

পজিটিভ তড়িৎদ্বারে অক্সিজেন (O_2)

জলের (H_2O) তড়িদ্‌বিশ্লেষণ

নিগেটিভ তড়িৎদ্বারে দ্বিগুণ আয়তনে

ক্ষার | NaOH | $Ca(OH)_2$

জল (H_2O) + ক্ষারীয় ধাতু Na.Ca

স্বাভাবিক তাপে

জল হইতে উৎপন্ন

হাইড্রোজেন (H_2)

ক্ষার হইতে | অ্যাসিড হইতে

লোহার অক্সাইড (Fe_3O_4)

লাল তপ্ত লোহার উপরে স্টীম চালনা

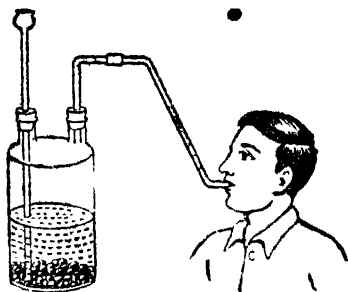
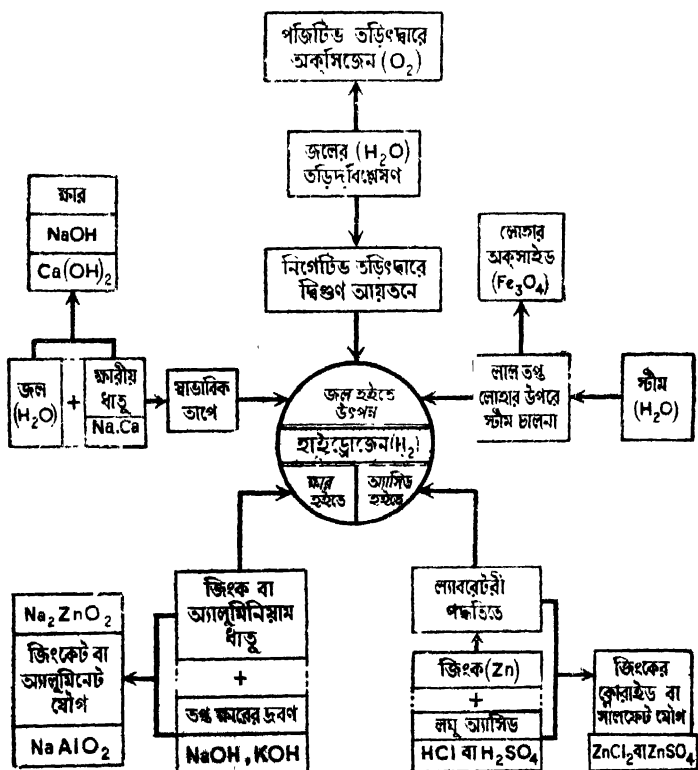
স্টীম (H_2O)

Na_2ZnO_2 | জিংকেট বা অ্যালুমিনেট যৌগ | $NaAlO_2$

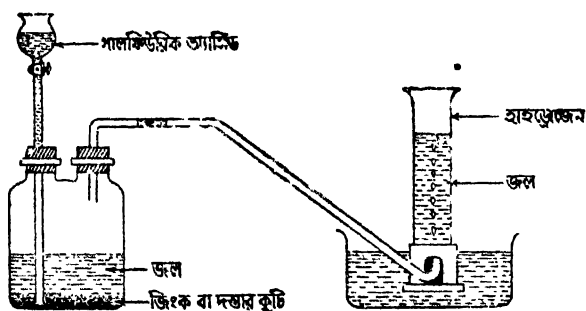
জিংক বা অ্যালুমিনিয়াম ধাতু + তপ্ত ক্ষারের দ্রবণ NaOH, KOH

ল্যাবরেটরী পদ্ধতিতে

জিংক(Zn) + লঘু অ্যাসিড HCl বা H_2SO_4

জিংকের ক্লোরাইড বা সালফেট যৌগ $ZnCl_2$ বা $ZnSO_4$

পরীক্ষা (Expt.) : একটি উল্‌ফ-বোতল লও এবং বোতলের এক তৃতীয়াংশ পরিমাণ জলে ভর্তি কর এবং জলের মধ্যে কিছু জিংকের দানা ফেলিয়া দাও। এইবার মাথার ছিদ্র করা দুইটি কর্ক লও এবং একটি ছিদ্রে একটি দীর্ঘ-নল ফানেল (thistle funnel) ফিট কর এবং আরেকটিতে ফিট কর একটি বাঁকানো নির্গম-নল। দীর্ঘনল ফানেল ও নির্গম-নল সমেত কর্ক দুইটি উল্‌ফ-বোতলের দুই মুখে ফিট কর। লক্ষ্য রাখ যে, দীর্ঘ-নলের নীচের মুখটি যেন জলের মধ্যে ডুবোনো থাকে এবং নির্গমনলের বোতলে লাগানো মুখটি যেন জলের অনেক উপরে থাকে।

সতর্কতা (Precaution) : বোতলের মধ্যে বায়ু চলাচলের রন্ধ্রপথ বন্ধ হইয়াছে কি-না তাহা পরীক্ষা করার জন্য নির্গম-নলের মুখে মুখ লাগাইয়া ফুঁ দাও। বায়ু চাপে বোতলের তলা হইতে দীর্ঘনল ফানেলের ভিতরে কিছুটা জল উঠিবে। এইবার বুড়া আঙ্গুলের টিপ দিয়া নির্গম-নলের মুখটি বন্ধ কর এবং লক্ষ্য করিয়া দেখ যে দীর্ঘনল ফানেলের মধ্যে জল স্থিরভাবে দাঁড়াইয়া আছে কি-না। জল স্থির থাকিলে বুঝিতে হইবে যে, বোতলে কোথাও বায়ু চলাচলের রন্ধ্রপথ নাই। কিন্তু দীর্ঘনল দিয়া জল পড়িয়া গেলে বুঝিতে হইবে যে বোতল বায়ু-নিরন্ধ্রভাবে ফিট করা হয় নাই।

উলফ্ বোতল মোমের সাহায্যে বিশেষ সতর্কতার সঙ্গে বায়ু নিরন্ধ্রভাবে ফিট কর। এইবার দীর্ঘনল ফানেলের ভিতর দিয়া বোতলে সালফিউরিক

রসায়নাগারে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি

অ্যাসিড ঢাল। অ্যাসিড জিংকের সংস্পর্শে আসার সঙ্গে সঙ্গেই ভুর ভুর করিয়া গ্যাস নির্গত হইতে আরম্ভ করিবে। প্রথমে কিছু গ্যাস বাহির করিয়া দাও—যেন উল্‌ফ বোতলের ভিতরকার সব বায়ু বাহির হইয়া যায়।

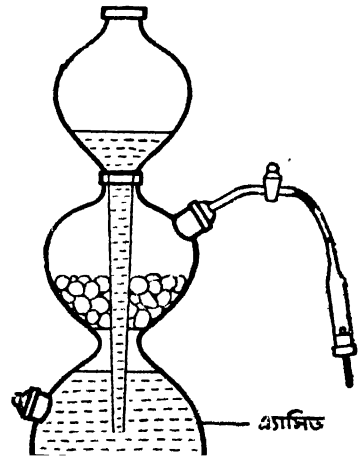
একটি জলভরা পরীক্ষা-নল লও এবং দ্রোণীর মধ্যে নির্গম-নলের মাথায় উপুড় করিয়া বসাইয়া পরীক্ষা-নলে গ্যাস ভর। চিমটা দিয়া ধরিয়া এই গ্যাসভরা পরীক্ষা-নলটিতে একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি ধর। যদি কোন শব্দ না করিয়া পরীক্ষা-নলের মধ্যে গ্যাসটি জ্বলিয়া ওঠে তবে বুঝিতে হইবে উল্ফ বোতলের সমস্ত বায়ু বাহির হইয়া গিয়াছে।

প্রস্তুতি (Process): উল্ফ বোতল বায়ু-নিরন্ধ্র হইয়াছে এবং নির্গত গ্যাসের মধ্যে আর বায়ু নাই—এ সম্বন্ধে নিশ্চিন্ত হইয়া নির্গম-নলের মাথাটি জলভরা দ্রোণীতে রাখ এবং একটি জলভরা গ্যাসজার নির্গম-নলের মাথায় উপুর করিয়া বসাইয়া দাও। জল সরাইয়া জারটি কিছুক্ষণের মধ্যেই হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা ভর্তি হইবে। গ্যাসজারের মুখ কাচের চাকতি দিয়া ঢাকিয়া গ্যাস সংগ্রহ কর। এইভাবে কয়েকটি জার হাইড্রোজেন গ্যাস পরীক্ষার জন্ত সংগ্রহ করিয়া রাখ।

কিপ্-যন্ত্রে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি

(Preparation of Hydrogen in Kipp's apparatus)

প্রয়োজনের সঙ্গে সঙ্গেই ব্যবহারের জন্য হাইড্রোজেনের সদা-প্রস্তুতির ব্যবস্থা কিপ্-যন্ত্রে করা যায়। কিপ্-যন্ত্রের নির্গম-নলের ছিপি খুলিয়া দিলেই হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয় এবং ছিপি আটকাইয়া দিলেই গ্যাস উৎপাদন বন্ধ হইয়া যায়।

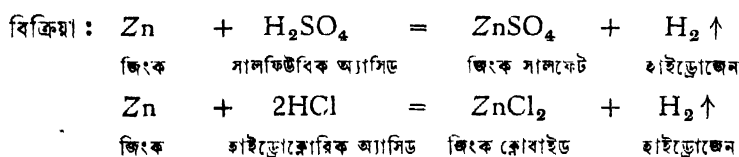
কিপ্-যন্ত্রের গঠন: কিপ্-যন্ত্র তিনটি কাচের গোলকের (globe) সংযোগে তৈরী এক গ্যাস উৎপাদক যন্ত্র। প্রথম গোলকের তলায় একটি দীর্ঘ-নল লাগানো থাকে এবং এই দীর্ঘ-নল তৃতীয় গোলকের তলা পর্যন্ত প্রবেশ করে। দ্বিতীয় ও তৃতীয় গোলক পরস্পরে সংযুক্ত। দ্বিতীয় গোলকের গায় একটি নির্গম-নল ফিট করা থাকে [চিত্র দেখ]। দ্বিতীয় গোলকে ভরা থাকে জিংকের দানা এবং প্রথম গোলকে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড।

কিপ-যন্ত্র

গ্যাস উৎপাদন ক্রিয়া : প্রথম গোলকের অ্যাসিড দীর্ঘ নলের পথে তৃতীয় গোলকে পড়ে এবং তৃতীয় গোলক পূর্ণ হইয়া দ্বিতীয় গোলকে প্রবেশ করে। দ্বিতীয় গোলকে প্রবেশ করার সঙ্গে সঙ্গে জিংক-দানার সঙ্গে অ্যাসিডের সংযোগ ঘটে এবং অ্যাসিড ও জিংক দানার বিক্রিয়ায় তৎক্ষণাৎ হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। এই হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গম নলের পথে বাহির হইয়া যায়।

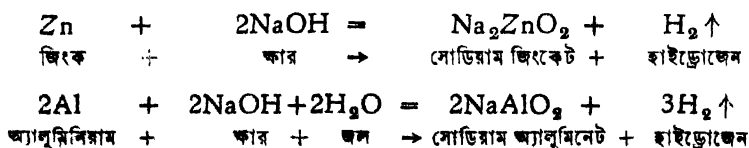
হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রয়োজন শেষ হইলে নির্গম নল বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। নির্গম-নল বন্ধ হইলে দ্বিতীয় গোলকে যে-গ্যাস জমা হয় তাহা অ্যাসিডের উপর চাপ দেয়। এরূপ গ্যাসের চাপে দ্বিতীয় গোলক হইতে অ্যাসিড তৃতীয় গোলকে পড়িয়া যায় এবং দীর্ঘ-নলের মাধ্যমে উপরে উঠিয়া প্রথম গোলকে জমা হয়। এরূপ অবস্থায় দ্বিতীয় গোলকে রক্ষিত জিংক দানার সঙ্গে অ্যাসিডের সংযোগ বিচ্ছিন্ন হয় এবং বিক্রিয়া বন্ধ হইয়া গ্যাসের উৎপাদন বন্ধ হইয়া যায়।

নির্গম-নলটি খুলিয়া দিলে দ্বিতীয় গোলকের সঞ্চিত গ্যাস বাহির হইয়া যায় এবং গ্যাসের চাপ না থাকায় প্রথম ও তৃতীয় গোলকের অ্যাসিড আবার দ্বিতীয় গোলকে প্রবেশ করে এবং জিংকের সঙ্গে সংস্পর্শ ঘটে। সঙ্গে সঙ্গে আবার হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইতে আরম্ভ করে। এইভাবে কিপ্‌যন্ত্রের মধ্যম গোলকের সঙ্গে যুক্ত নির্গম-নল খুলিলে গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং বন্ধ করিলে গ্যাস উৎপাদন বন্ধ হইয়া যায়। কিপ্‌-যন্ত্রে গ্যাস উৎপাদন ব্যবস্থা সদা-প্রস্তুত রাখা যায়।

বিক্রিয়া : $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2\uparrow$
জিংক সালফিউরিক অ্যাসিড জিংক সালফেট হাইড্রোজেন

$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2\uparrow$
জিংক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জিংক ক্লোরাইড হাইড্রোজেন

5. **অ্যালকালি বা ক্ষার হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি (From Alkali) :** তপ্ত সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড (NaOH) বা পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডের (KOH) সঙ্গে জিংক বা অ্যালুমিনিয়ামের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। যথা :

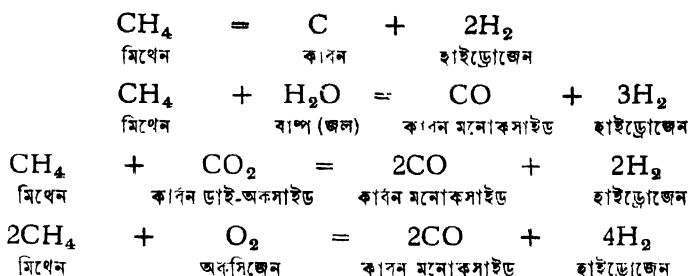
$Zn + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2\uparrow$
জিংক + ক্ষার → সোডিয়াম জিংকেট + হাইড্রোজেন

$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2\uparrow$
অ্যালুমিনিয়াম + ক্ষার + জল → সোডিয়াম অ্যালুমিনেট + হাইড্রোজেন

6. **মিথেন হইতে** (**From mtehane**) **:** মিথেনকে তাপের সাহায্যে ভাঙ্গিয়া অথবা অক্সিজেন বা বাষ্প অথবা কার্বন ডাই-অক্সাইডের সঙ্গে ইহার বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন তৈরী করা যায়। যথা :

$$CH_4 = C + 2H_2$$
মিথেন কার্বন হাইড্রোজেন

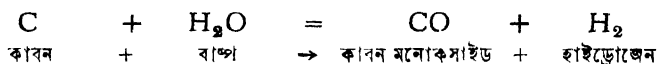
$$CH_4 + H_2O = CO + 3H_2$$
মিথেন বাষ্প (জল) কার্বন মনোকসাইড হাইড্রোজেন

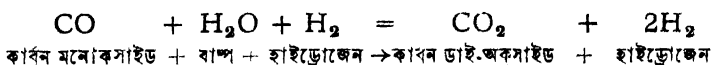
$$CH_4 + CO_2 = 2CO + 2H_2$$
মিথেন কার্বন ডাই-অকসাইড কার্বন মনোকসাইড হাইড্রোজেন

$$2CH_4 + O_2 = 2CO + 4H_2$$
মিথেন অক্সিজেন কার্বন মনোকসাইড হাইড্রোজেন

হাইড্রোজেনের বৃহৎমাত্রায় বা বাণিজ্যিক উৎপাদন

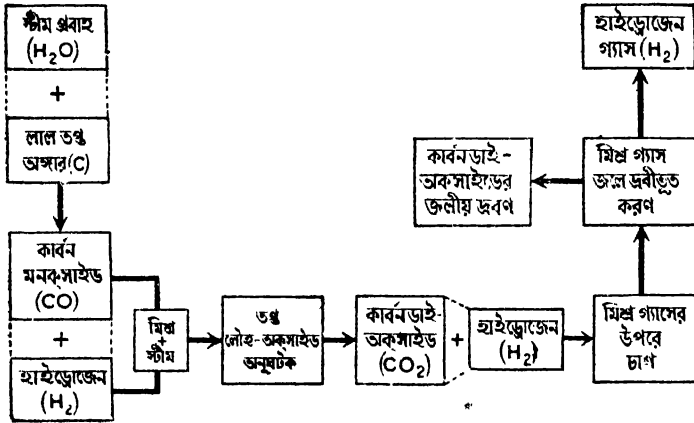
(Large scale or Commercial Production of Hydrogen)

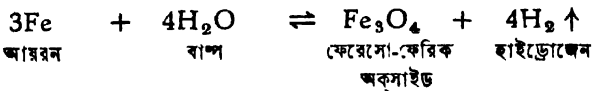
1. **ওয়াটার গ্যাস** (water gas) **পদ্ধতি :** বাণিজ্যিক প্রয়োজনে হাইড্রোজেন তৈরী করা হয় প্রায় 1000°C তাপাংকে লাল তপ্ত (red hot) অঙ্গার বা কোকের উপর বাষ্প চালাইয়া। বাষ্পের সঙ্গে অঙ্গারের বিক্রিয়া ঘটে এবং তাহার ফলে হাইড্রোজেন ও কার্বন মনক্সাইড গ্যাস তৈরী হয়। যথা :

$$C + H_2O = CO + H_2$$
কার্বন + বাষ্প → কার্বন মনোকসাইড + হাইড্রোজেন

হাইড্রোজেন ও কার্বন মনক্সাইড উভয়েই গ্যাস। এই মিশ্র গ্যাসকে বলা হয় **ওয়াটার গ্যাস** (water gas) **বা উদক গ্যাস**। এই 'ওয়াটার গ্যাস' অতিরিক্ত বাষ্পের সঙ্গে মিশাইয়া 450°C তাপাংকে তপ্ত লোহার অক্সাইড ও ক্রোমিয়াম অক্সাইডের মিশ্রণ-ভরা একটি নলের ভিতর দিয়া চালনা করা হয়। এই নলে কার্বন মনোক্সাইড বাষ্পের সঙ্গে বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। যথা :

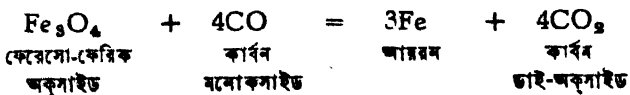
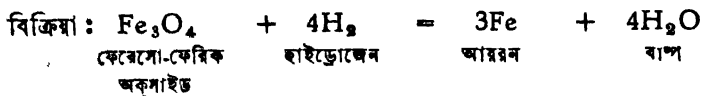
$$CO + H_2O + H_2 = CO_2 + 2H_2$$
কার্বন মনোকসাইড + বাষ্প + হাইড্রোজেন → কার্বন ডাই-অক্সাইড + হাইড্রোজেন

এই মিশ্র গ্যাসকে 30 বায়ু-চাপ পরিমাণে চাপ দিয়া জলের ভিতর দিয়া চালন করা হয়। চাপের প্রভাবে কার্বন ডাই-অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং অবশিষ্ট থাকে হাইড্রোজেন। হাইড্রোজেনের সঙ্গে যদি স্বল্প পরিমাণে কার্বন মনোকসাইড থাকিয়া যায় তবে এই হাইড্রোজেন গ্যাস 200 বায়ু-চাপে অ্যামোনিয়াক্যাল কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণের ভিতর দিয়া চালাইয়া কার্বন

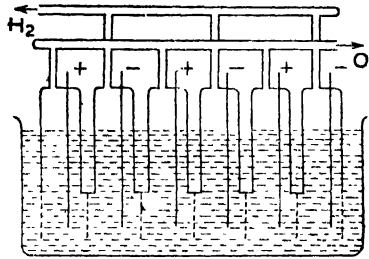
মনোকসাইড দূর করা হয়। এই হাইড্রোজেন শুষ্ক করিয়া সংগ্রহ করা হয় এবং ইহা প্রায় 99·9% বিশুদ্ধ। এরূপ পদ্ধতিতে প্রতি বছর 29 লক্ষ মণ হাইড্রোজেন উৎপাদন করা হয়।

জল হইতে বৃহৎমাত্রায় হাইড্রোজেন প্রস্তুতি

2. **তপ্ত লোহায় বাষ্প-প্রেরণ পদ্ধতি** (Steam iron process): 600°C –850°C তাপাংকে লাল তপ্ত লোহার উপরে (সাধারণত ফেরাস কার্বনেট জাতীয় খনিজ হইতে প্রাপ্ত আয়রন) বাষ্প চালাইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করা হয়। চূর্ণ লোহা-পূর্ণ এবং খাড়া-ভাবে দণ্ডায়মান রিটর্টের মধ্যে বাষ্প চালাইয়া হাইড্রোজেন তৈরী করা হয়। বিক্রিয়ার পরে অবশিষ্ট থাকে ফেরেসো-ফেরিক অক্সাইড। যথা:

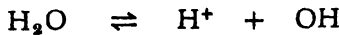
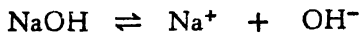
$$\underset{\text{আয়রন}}{3Fe} + \underset{\text{বাষ্প}}{4H_2O} \rightleftharpoons \underset{\text{ফেরেসো-ফেরিক অক্সাইড}}{Fe_3O_4} + \underset{\text{হাইড্রোজেন}}{4H_2\uparrow}$$

বিক্রিয়ার পরে অবশিষ্ট তপ্ত আয়রন অক্সাইডের উপরে ওয়াটার গ্যাস ($CO+2H_2$) চালাইয়া আয়রন আবার পুনরুদ্ধার করা হয় এবং হাইড্রোজেন উৎপাদনে পুনরায় তাহা ব্যবহার করা হয়।

বিক্রিয়া:
$$\underset{\text{ফেরেসো-ফেরিক অক্সাইড}}{Fe_3O_4} + \underset{\text{হাইড্রোজেন}}{4H_2} = \underset{\text{আয়রন}}{3Fe} + \underset{\text{বাষ্প}}{4H_2O}$$

$$\underset{\text{ফেরেসো-ফেরিক অক্সাইড}}{Fe_3O_4} + \underset{\text{কার্বন মনোকসাইড}}{4CO} = \underset{\text{আয়রন}}{3Fe} + \underset{\text{কার্বন ডাই-অক্সাইড}}{4CO_2}$$

রিটটপূর্ণ লোহায় বাষ্প ও ওয়াটার গ্যাস পরপর চালাইয়া পর্যায়ক্রমে হাইড্রোজেন উৎপাদন এবং আয়রন অক্সাইড হইতে আয়রন পুনরুদ্ধার করা হয়। এরূপ উপায়ে প্রাপ্ত হাইড্রোজেনে কিছু কার্বন মনোক্সাইড থাকে। এরূপ হাইড্রোজেন 98% বিশুদ্ধ।

3. **তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি** (Electrolytic process) ঃ কাস্ট-আয়রনে প্রস্তুত লোহার ট্যাংকের মধ্যে 20% কষ্টিক সোডা দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন প্রস্তুত করা হয়। পরপর ঝুলান লোহার সীট অ্যানোডরূপে ও ক্যাথোডরূপে ব্যবহার করা হয়। অ্যানোডে উৎপন্ন অক্সিজেন যাহাতে ক্যাথোডে ব্যবহৃত লোহার সীটকে আয়রন অক্সাইডে পরিণত না করিতে পারে সেজন্য ক্যাথোডের লোহার উপরে সীট নিকেল-প্লেট করা থাকে। ক্যাথোডে উৎপন্ন হাইড্রোজেন যাহাতে অ্যানোডে উৎপন্ন অক্সিজেনের সঙ্গে মিশ্রিত না হয় সেজন্য ক্যাথোড ও অ্যানোডগুলি পরস্পর হইতে ঝাঝরা অ্যাসবেসটসের পর্দার দেয়াল দিয়া পৃথক করিয়া রাখা হয়। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন সংগ্রহের জন্য বেলজারের আকারে ঢাকনি ফিট করা থাকে। এরূপ আবদ্ধ সিলিণ্ডারের আকারে গঠিত ঢাকনির মধ্যে গ্যাস সংগৃহীত হয়।

তড়িদ্-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে H_2 প্রস্তুত

বিক্রিয়া ঃ জল ও কষ্টিক সোডার তড়িৎ-বিয়োজন

$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$$
$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH$$

ক্যাথোড বিক্রিয়া ঃ $H^+ + e \rightarrow H$; $H+H \rightarrow H_2\uparrow$

অ্যানোড বিক্রিয়া ঃ $OH^- - e \rightarrow H$; $4OH \rightarrow O_2\uparrow + 2H_2O$

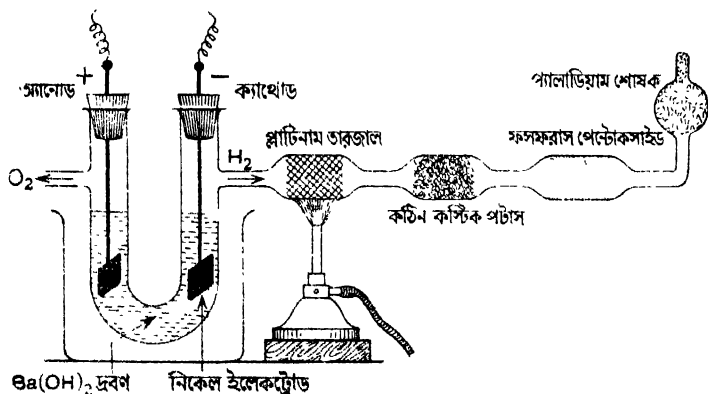
[এই তড়িদ্-বিশ্লেষণ পদ্ধতি তৃতীয় ভাগের পাঠ সমাপনে পুনঃপঠনের সময়ে বোধগম্য হইবে।]

এই পদ্ধতিতে অক্সিজেনের চেয়ে দ্বিগুণ আয়তনে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় এবং এই হাইড্রোজেন 99·9% এবং অক্সিজেন 99·6% বিশুদ্ধ। এই হাইড্রোজেন

সংযুক্তি বা সিন্‌থেটিক পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়া এবং বনস্পতি ঘি তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

[সাধারণ লবণের দ্রবণ তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিয়া কষ্টিক সোডা তৈরী করার সময়ে উপজাত পদার্থ (by-product) হিসাবেও হাইড্রোজেন সংগৃহীত হয়।]

4. **কোক ওভেন গ্যাসের হিমকরণ পদ্ধতি** (Deep freezing of coke oven gas) : 900°C – 1200°C তাপাংকে আবদ্ধ পাত্রে কয়লা উত্তপ্ত করিলে কোক-ওভেন গ্যাস তৈরী হয়। এই গ্যাসের মধ্যে 50-60% হাইড্রোজেন থাকে। এই মিশ্র গ্যাস হিম-শীতল পরিবেশে ঠাণ্ডা করিলে হাইড্রোজেন গ্যাসরূপে নির্গত হইয়া যায় কিন্তু অন্যান্য গ্যাস তরলাকার লাভ করিয়া গ্যাস হইতে পৃথক হইয়া পাত্রের তলায় পড়ে।

অতি বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রস্তুতি (Preparation of very pure hydrogen) : সাধারণভাবে প্রস্তুত হাইড্রোজেনের মধ্যে সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন (H_3S), আরসিন (AsH_3), ফসফিন (PH_3), সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2), কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2), নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড এবং বাষ্প থাকে। লেড নাইট্রেট, সিলভার সালফেট, ঘন কষ্টিক

অতি বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রস্তুতি

সোডা দ্রবণ এবং ফসফরাস পেন্টকসাইডের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া যথাক্রমে হাইড্রোজেন সালফাইড, আরসিন ও ফসফিন, নাইট্রোজেন, সালফার ও কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং বাষ্প দূরীভূত করা হয়।

অতি বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রস্তুত করার জন্য নিকেল ইলেকট্রোড ফিট করা কাচের U-নলে বেরিয়াম হাইড্রকসাইড [$Ba(OH)_2$] দ্রবণের তড়িদ-বিশ্লেষণ করিয়া ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে অক্সিজেন উৎপন্ন করা হয়। উৎপন্ন হাইড্রোজেনের সঙ্গে শুষ্ক অক্সিজেন মিশ্রিত থাকে বলিয়া ইহা তপ্ত প্লাটিনাম মিশ্রিত অ্যাসবেসটসের (platinised asbestos) ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিয়া অক্সিজেনকে জলে পরিণত করা হয়। সিক্ত হাইড্রোজেন পরপর কষ্টিক সোডা ও ফসফরাস পেণ্টকসাইডের ভিতর দিয়া চালাইয়া শুষ্ক করা হয় এবং মার্কারী সরাইয়া সংগ্রহ করা হয়। ইহা বিশেষ বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন, ইহা প্যালাডিয়ামের মধ্যে অন্তর্ধৃত করিয়া শোষণ করা হয়।

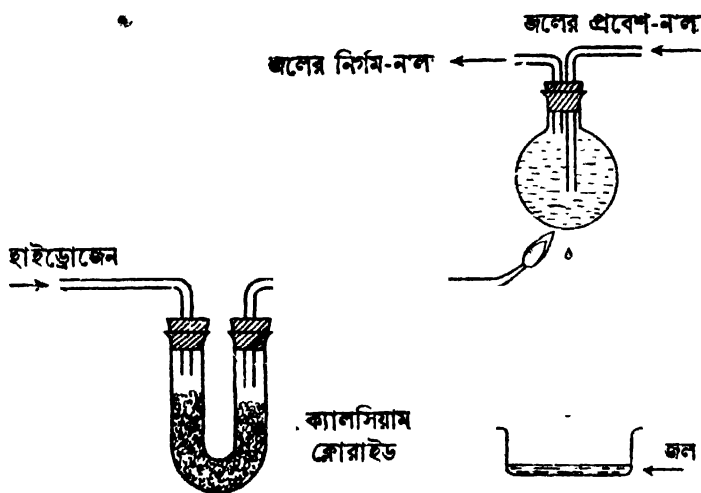
হাইড্রোজেনের ধর্ম (Properties of hydrogen)

ভৌত ধর্ম (Physical properties) : (i) হাইড্রোজেন গ্যাসের কোন বর্ণ, গন্ধ বা স্বাদ নাই ; (ii) হাইড্রোজেন সবচেয়ে হালকা পদার্থ। বায়ু হাইড্রোজেন অপেক্ষা 14·4 গুণ ভারী ; (iii) হাইড্রোজেন স্বাভাবিক অবস্থার গ্যাস, কিন্তু অতি শীতল করিয়া হাইড্রোজেনকে তরল এবং শেষ পর্যন্ত কঠিন পদার্থে পরিণত করা যায় ; (iv) হাইড্রোজেন জলে দ্রবীভূত হয় না।

পরীক্ষা : (1) হাইড্রোজেন-ভরা গ্যাসজারের মাথায় উপুড় করিয়া একটি বায়ু-ভরা অর্থাৎ খালি জার বসাও। নীচের জারের মুখ হইতে কাচের চাকতিটি সরাইয়া ফেল। এবার নীচের জারের হাল্কা হাইড্রোজেন উপরের জারে গিয়া জমা হইবে এবং হাইড্রোজেনের চেয়ে ভারী বায়ু নীচের জারে পড়িয়া যাইবে। উপরের জারের মুখ চাকতি দিয়া ঢাকিয়া খাড়া করিয়া জারটি রাখিয়া দাও। একটি জ্বলন্ত পাটকাঠি আনিয়া চাকতি সরাইয়া জারটির মুখে ধর। দেখিবে, একটি শব্দ করিয়া জারের মধ্যে গ্যাসের আগুন জ্বলিতেছে। কারণ, নীচের হাল্কা হাইড্রোজেন গ্যাস উপরের জারে জমা হইয়াছে এবং উপরের ভারী বায়ু নীচের জারে পড়িয়া গিয়াছে

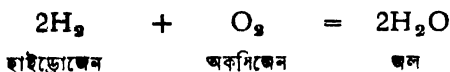
(2) কিপ্-যন্ত্র হইতে একটি বেলুনের মধ্যে হাইড্রোজেন গ্যাস ভর। হাই-ড্রোজেন গ্যাস-ভরা বেলুনটি ছাড়িয়া দিলে আকাশে উড়িয়া যাইবে। কারণ, হাইড্রোজেন বায়ুর চেয়ে হাল্কা।

রাসায়নিক ধর্ম (Chemical properties) :

(i) **দহনশীলতা (Combustibility) :** হাইড্রোজেনের মধ্যে আগুন

হাইড্রোজেন দহনে জল উৎপাদন

জ্বালানো যায় না। কিন্তু হাইড্রোজেন নিজেই জ্বলিয়া উঠে। কারণ, হাইড্রোজেন একটি দহনশীল পদার্থ এবং ইহার দহনের ফলে জল তৈরী হয়। যথা :

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

হাইড্রোজেন অক্সিজেন জল

পরীক্ষা : একটি হাইড্রোজেন-ভরা গ্যাসজার লও এবং জারের মুখে একটি জ্বলন্ত পাট-কাঠি ধর। পাট-কাঠির জ্বলন্ত শিখাটি নিভিয়া যাইবে, কিন্তু গ্যাস নিজেই জ্বলিতে আরম্ভ করিবে।

(ii) **বিস্ফোরকতা (Explosivity) :** হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ বিস্ফোরক।

পরীক্ষা : একটি সোডার বোতলে দুইভাগ হাইড্রোজেন ও একভাগ অক্সিজেন গ্যাস ভরিয়া বোতলটি সাবধানে তোয়ালে দিয়া জড়াইয়া ধরিয়া বোতলের মুখে একটি জ্বলন্ত পাট-কাঠি ধর। একটি প্রচণ্ড শব্দ করিয়া বোতলের গ্যাস-মিশ্রণে বিস্ফোরণ ঘটিবে।

(iii) **জলের উৎপাদক (Producer of water) :** বায়ুর মধ্যে অর্থাৎ অক্সিজেনের মধ্যে জ্বলিবার সময় হাইড্রোজেন জল তৈরী করে। ইহা বাষ্প

হইয়া উড়িয়া যায়। [উপরের চিত্রানুযায়ী যন্ত্র ব্যবহার করিয়া জলীয় বাষ্পকে ঠাণ্ডা জলধারার সংস্পর্শে শীতল করিলে ফোঁটা ফোঁটা জল তৈরী হয়।]

বিক্রিয়া :

$$2H_2 + O = 2H_2O$$

হাইড্রোজেন + অক্সিজেন → জল

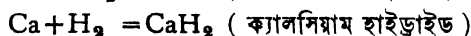
(vi) **বিজারণ ক্রিয়া** (Reduction) : উত্তপ্ত অবস্থায় ধাতুর অক্সাইডের মধ্যে হাইড্রোজেন চালনা করিলে হাইড্রোজেন অক্সাইডের যৌগ হইতে অক্সিজেন বিমুক্ত করিয়া জল ও ধাতু তৈরী করে। অক্সিজেন অপসারণ পদ্ধতিকে বিজারণ ক্রিয়া বলা হয়।

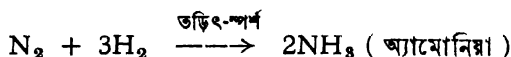
$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

তামার অক্সাইড + হাইড্রোজেন → তামা + জল

[চিত্র ও বিস্তৃত পরীক্ষা জলের গঠন অধ্যায়ে দ্রষ্টব্য]

(v) **হাইড্রাইড** (Hydride) : হাইড্রোজেন ক্ষারীয় ধাতু সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম ইত্যাদির সঙ্গে যৌগ গঠন করে। ইহাদের হাইড্রাইড বলা হয়। যথা : $2Na + H_2 = 2NaH$ (সোডিয়াম হাইড্রাইড)

$Ca + H_2 = CaH_2$ (ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড)

অধাতুর সঙ্গে গ্যাসীয় হাইড্রাইড গঠন করে। যথা :

$$N_2 + 3H_2 \xrightarrow{\text{তড়িৎ-স্পর্শ}} 2NH_3$$ (অ্যামোনিয়া)

(vi) **হাইড্রোজেন ক্লোরাইড** (HCl) : হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের মিশ্রণে আলোকপাত করিলে হাইড্রোজেনের ক্লোরাইড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যৌগ গঠিত হয়।

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

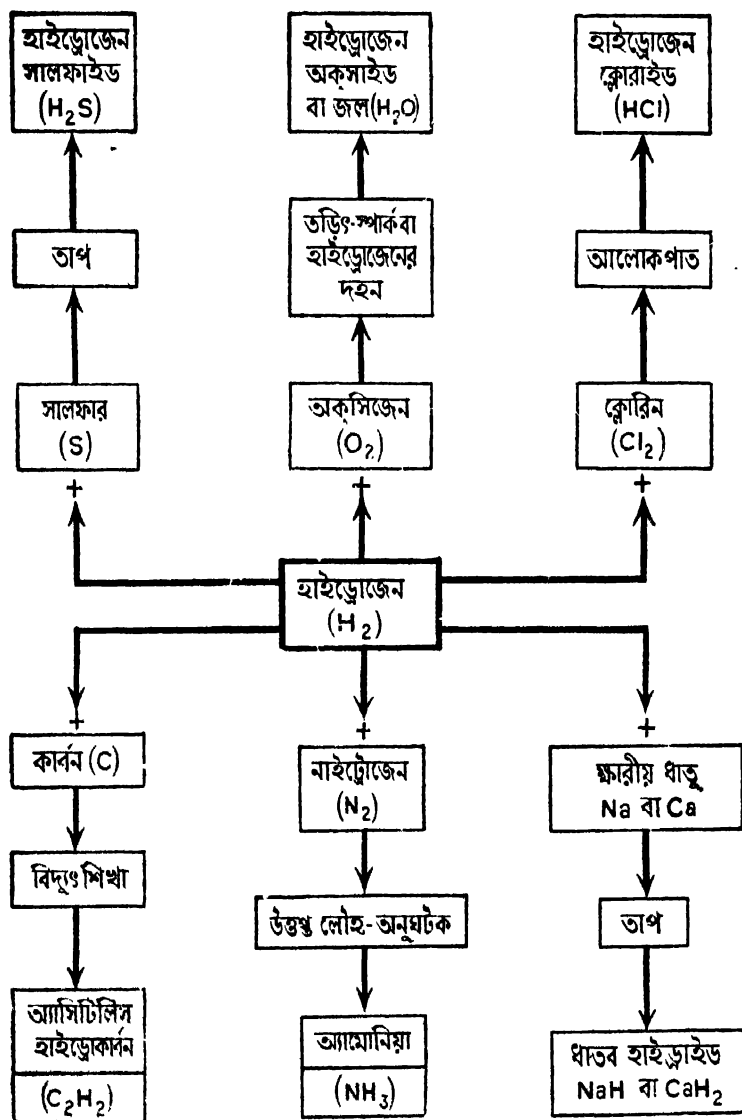
হাইড্রোজেন + ক্লোরিন → হাইড্রোজেন ক্লোরাইড

(vii) **হাইড্রোজেন সালফাইড** (H_2S) : তপ্ত গন্ধক বা সালফারের উপরে হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করিলে হাইড্রোজেন সালফাইড বা সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন গ্যাস তৈরী হয়। যথা :

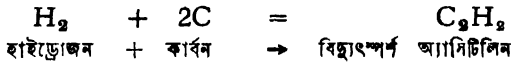
$$H_2 + S = H_2S$$

হাইড্রোজেন + সালফার → হাইড্রোজেন সালফাইড

(viii) **হাইড্রোকার্বন** (Hydro-carbon) : হাইড্রোজেন ও কার্বন অনেক রকমের যৌগ গঠন করে। এরূপ যৌগকে বলা হয় হাইড্রোকার্বন

হাইড্রোজেন যৌগের চার্ট

মার্স গ্যাস বা মিথেন (CH_4), ইথিলিন গ্যাস (C_2H_4), অ্যাসিটিলিন গ্যাস (C_2H_2)—এরূপ কয়েকটি যৌগ হাইড্রোকার্বন। মার্স গ্যাস পচা জলাশয়ে তৈরী হয়। কোল গ্যাসের মধ্যে প্রচুর পরিমাণে ইথিলিন গ্যাস পাওয়া যায়। এই গ্যাসে রাস্তার বাতি জ্বালানো হয়। কারবাইড গ্যাসবাতির গ্যাসে প্রচুর পরিমাণে অ্যাসিটিলিন গ্যাস থাকে। মিথেন ও ইথিলিন অপ্রত্যক্ষভাবে তৈরী করা হয়। কিন্তু কার্বন ও হাইড্রোজেনের মধ্যে বিদ্যুৎ প্রবাহ চালাইয়া অ্যাসিটিলিন গ্যাস তৈরী করা যায়। যথা :

$$H_2 + 2C = C_2H_2$$

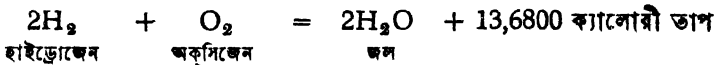
হাইড্রোজেন + কার্বন → বিদ্যুৎস্পর্শ অ্যাসিটিলিন

(ix) **অন্তর্ধৃতি (Occlusion) : কোন কোন ধাতু হাইড্রোজেন শুষিয়া লইতে পারে। ধাতুর এইরূপ গ্যাস-শোষণ বা ধারণ করার ক্ষমতাকে বলা হয় গ্যাসের অন্তর্ধৃতি বা অক্লুশন।**

লোহা, প্লাটিনাম ও প্যালাডিয়াম ধাতুর হাইড্রোজেন গ্যাস ধারণ করার ক্ষমতা আছে। এক ঘন-সেণ্টিমিটার (c.c.) আয়তনের এক টুকরা প্যালা-ডিয়াম 1000 c.c. হাইড্রোজেন গ্যাস শোষণ বা ধারণ করিয়া রাখিতে পারে। একটু উত্তপ্ত করিলেই হাইড্রোজেন গ্যাস অন্তর্ধারী ধাতুর ভিতর হইতে নির্গত হইয়া যায়।

(x) **হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের বিক্রিয়া** (Reaction between hydrogen and oxygen) : (ক) স্বাভাবিক তাপাংকে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মধ্যে কোন বিক্রিয়া ঘটে না,—এই দুই গ্যাসের মিশ্রণ স্বাভাবিক তাপাংকে দীর্ঘদিন রাখিয়া দিলেও অবিকৃত থাকে।

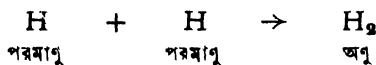
(খ) 300°C তাপাংকে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মিশ্রণে বিক্রিয়া সুরু হয়। 500°C তাপাংকে কয়েক ঘণ্টার মধ্যে গ্যাস দুইটির মধ্যে সম্পূর্ণ বিক্রিয়া ঘটে এবং 700°C তাপাংকে বিস্ফোরণের আকারে বিক্রিয়া ঘটে ও এরূপ দ্রুত বিক্রিয়ায় জল তৈরী হয়। এরূপ বিক্রিয়া তাপ-উদ্ভাবক বা এক্সোথারমিক (exothermic)। যথা :

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O + 13{,}6800 \text{ ক্যালোরী তাপ}$$

হাইড্রোজেন অক্সিজেন জল

(গ) অ্যাসবেসটসের উপরে প্ল্যাটিনামের আস্তরণ ফেলিয়া এবং সেই প্ল্যাটিনাম আস্তরিত অ্যাসবেসটস উত্তপ্ত করিয়া ইহার উপরে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণ চালাইলে ত্বরান্বিতে বিক্রিয়া ঘটে ও জল তৈরী হয়।

জায়মান বা সতেজ হাইড্রোজেন
(Nascent or Active hydrogen)

সদ্যোজাত হাইড্রোজেনকে জায়মান হাইড্রোজেন বা নেসেণ্ট হাইড্রোজেন (Nascent hydrogen) **বলা হয়।** সদ্যোজাত বা জায়মান হাইড্রোজেন খুব সতেজ ও সক্রিয়। এরূপ সদ্যোজাত হাইড্রোজেন যে বিক্রিয়া ঘটাইতে পারে সাধারণ হাইড্রোজেন তাহা পারে না। সদ্য উৎপন্ন অবস্থায় হাইড্রোজেনকে তাই বলা হয় জায়মান বা সক্রিয় হাইড্রোজেন। কারণ সদ্য উৎপন্ন অবস্থায় হাইড্রোজেন পারমাণবিক (atomic) অবস্থায় (H) থাকে এবং পরে আণবিক (molecular) অবস্থায় (H_2) পরিণত হয়। যথা :

$$\underset{\text{পরমাণু}}{H} + \underset{\text{পরমাণু}}{H} \rightarrow \underset{\text{অণু}}{H_2}$$

পরীক্ষা : (i) একটি পরীক্ষা-নলে অল্প কিছু পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট দ্রবণ লও। এই দ্রবণের মধ্যে উল্‌ফ বোতল বা কিপ-যন্ত্র হইতে নির্গম-নলের মাধ্যমে হাইড্রোজেন চালাও। পারমাঙ্গানেট দ্রবণের রঙ লাল। হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রভাবে এই রঙের কোন বদল হইবে না।

(ii) একটি পরীক্ষা-নলে পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট দ্রবণ লও এবং এই দ্রবণের মধ্যে কয়েকটি জিংক দানা ফেল এবং তাহার মধ্যে অল্প সালফিউরিক অ্যাসিড ঢাল। অ্যাসিড ঢালার সঙ্গে সঙ্গে ভুর ভুর করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস সৃষ্টি হইবে এবং সদ্য জায়মান হাইড্রোজেনের সক্রিয় সংস্পর্শে পারমাঙ্গানেট দ্রবণের লাল রং ধীরে ধীরে বর্ণহীন হইয়া যাইবে।

একইভাবে পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেটের পরিবর্তে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ব্যবহার করিয়া ইহার হলুদ রঙের দ্রবণকে সবুজ বর্ণে এবং লোহার হলুদ বর্ণের ক্লোরাইড তথা ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণকে জায়মান হাইড্রোজেনের বিক্রিয়ায় বর্ণহীন করা সম্ভব।

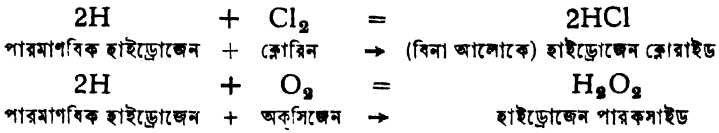
ব্যবহৃত দ্রবণ	সাধারণ হাইড্রোজেন	দ্রবণের বর্ণ অপরিবর্তিত	জায়মান হাইড্রোজেন	দ্রবণের বর্ণ পরিবর্তিত
পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট	H_2	লাল	H	বর্ণহীন
পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট	H_2	হলুদ	H	সবুজ
ফেরিক ক্লোরাইড	H_2	হলুদ	H	বর্ণহীন

পারমাণবিক হাইড্রোজেন (Atomic hydrogen) **:** সাধারণ গ্যাসীয় অবস্থায় মুক্ত হাইড্রোজেন কণাগুলি অণুরূপে (molecule) গঠিত (H_2),

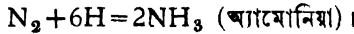
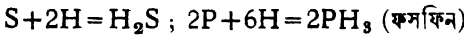
কিন্তু বিশেষ প্রক্রিয়ায় হাইড্রোজেনের আণবিক গঠন ভাঙ্গিয়া পারমাণবিক হাইড্রোজেন (H) তৈরী করা যায়। (i) উচ্চ তাপাংকে হাইড্রোজেনের অণু ভাঙ্গিয়া মনো-অ্যাটমিক হাইড্রোজেনে (mono-atomic hydrogen) পরিণত হয়। যথা: $H_2 \rightleftharpoons 2H$ (ii) নিম্নচাপে অবস্থিত হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে নীরব তড়িৎ-ক্ষরণ (silent electric discharge) ঘটাইলেও আণবিক হাইড্রোজেন পারমাণবিক হাইড্রোজেনে পরিণত হয়। $H_2 \rightarrow 2H$

পারমাণবিক হাইড্রোজেন অত্যন্ত সক্রিয়। ইহা অন্ধকারেও ক্লোরিনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস (HCl) তৈরী করে এবং অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া গঠন করে হাইড্রোজেন পারক্সাইড তথা হাইড্রোজেনের উচ্চতর অক্সাইড (H_2O_2)। যথা:

$$2H + Cl_2 = 2HCl$$
পারমাণবিক হাইড্রোজেন + ক্লোরিন → (বিনা আলোকে) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড

$$2H + O_2 = H_2O_2$$
পারমাণবিক হাইড্রোজেন + অক্সিজেন → হাইড্রোজেন পারকসাইড

জায়মান বা পারমাণবিক হাইড্রোজেন স্বাভাবিক তাপাংকেই ধাতব অক্সাইডকে ধাতুরূপ বিজারিত করে এবং সালফার, নাইট্রোজেন ও ফসফরাসের সঙ্গে প্রত্যক্ষ ভাবে সংযুক্ত হইয়া ইহাদের যৌগ গঠন করে। যথা:

$S+2H=H_2S$; $2P+6H=2PH_3$ (ফসফিন)

$N_2+6H=2NH_3$ (অ্যামোনিয়া)।

হাইড্রোজেনের ব্যবহার (Uses): (i) অক্সিজেনের সঙ্গে মিশাইয়া উচ্চ তাপের অক্সি-হাইড্রোজেন শিখারূপে হাইড্রোজেন ব্যবহার করা হয়। এরূপ শিখা প্রায় 3000°C তাপাংক সৃষ্টি করিতে পারে, (ii) সিনথেটিক অ্যামোনিয়া, মিথাইল অ্যালকোহল, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, কৃত্রিম পেট্রল ইত্যাদি তৈরী করার জন্য হাইড্রোজেন ব্যবহৃত হয়। (iii) জৈব ও উদ্ভিজ্জ তৈল হাইড্রোজেনের সাহায্যে জমাইয়া বনস্পতি ধরনের (Vegetable ghee) কৃত্রিম স্নেহ জাতীয় পদার্থ তৈরী করা যায়। (iv) বেলুন ও বায়ুযানের জন্যও হাইড্রোজেনের ব্যবহার করা হয়। (v) অতি নিম্ন তাপাংক অর্থাৎ হিমতা সৃষ্টির জন্য তরল হাইড্রোজেন ব্যবহৃত হয়। (vi) জ্বালানী শিল্পে কয়লা হইতে তরল জ্বালানী তৈরী করার জন্য ইহা ব্যবহৃত হয়। (vii) সব দুষ্প্রাপ্য মৌলিক পদার্থের অক্সাইড হইতে ধাতু নিষ্কাশনের জন্যও হাইড্রোজেন বিজারক দ্রব্যরূপে ব্যবহৃত হয়।

হাইড্রোজেন সনাক্তকরণ (Test): যে বর্ণহীন গ্যাস—(i) অগ্নি স্পর্শে নীলাভ শিখায় জ্বলিয়া উঠে এবং এরূপ প্রজ্বলনের ফলে জল তৈরী হয় এবং এই জলের স্পর্শে লিটমাস কাগজের বর্ণ পরিবর্তিত হয় না বা চুন-জল ঘোলা হয় না এবং (ii) যে-গ্যাসকে প্যালাডিয়াম নামক ধাতু শোষণ করিতে পারে এবং উত্তপ্ত করিলে প্যালাডিয়াম হইতে যে গ্যাস নির্গত হইতে পারে—তাহাই মৌলিক পদার্থ হাইড্রোজেন।

[নিম্নলিখিত বিষয়গুলি পুনঃপঠনের সময় অনুধাবন যোগ্য হইবে।]

ধাতুদ্বারা হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া

কোন্ কোন্ ধাতু লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড বা লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত (replaced or displaced) করিয়া গ্যাসরূপে হাইড্রোজেন নির্মুক্ত করিতে পারে তাহা ধাতুর তড়িৎ-ধর্মের উপরে নির্ভর করে। যে সকল ধাতু হাইড্রোজেনের চেয়ে অধিকতর ইলেকট্রো-পজেটিভ (Electro-positive) অর্থাৎ ধাতুর তড়িৎ-রাসায়নিক সারিতে (Electro-chemical series of metal) যে সকল ধাতুর স্থান হাইড্রোজেনের উপরে সেই সকল ধাতু লঘু অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিয়া মুক্ত গ্যাসরূপে ইহাকে নির্মুক্ত করিতে সক্ষম। যে ধাতুর স্থান এরূপ সারির যত উচ্চে অবস্থিত সেই ধাতু তত বেশি সক্রিয়তার সঙ্গে অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন নির্মুক্ত করে। পটাসিয়াম, সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, ম্যাঙ্গানীজ, জিংক, আয়রন, নিকেল, টিন ইত্যাদি ধাতু হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত বলিয়া অ্যাসিড অণু হইতে ইহাকে প্রতিস্থাপিত করিয়া গ্যাসরূপে নির্মুক্ত করে। লেডও হাইড্রোজেন নির্মুক্ত করে, কিন্তু বিক্রিয়ার পরে যে ধাতব লবণ উৎপন্ন হয় তাহা লেডের উপরে আস্তরণ ফেলিয়া বিক্রিয়া বন্ধ করিয়া দেয় বলিয়া কার্যত লেড লঘু অ্যাসিডের উপরে বিক্রিয়াহীন।

পটাসিয়াম (K)
সোডিয়াম (Na)
ক্যালসিয়াম (Ca)
ম্যাগনেসিয়াম (Mg)
জিংক (Zn)
আয়রন (Fe)
নিকেল (Ni)
টিন (Sn)
লেড (Pb)
হাইড্রোজেন (H)
কপার (Cu)
মার্কারী (Hg)
সিলভার (Ag)
গোল্ড (Au)

ধাতুর ইলেকট্রোকেমিক্যাল সিরিজের একাংশ।

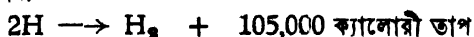
ইলেকট্রো-কেমিকেল সিরিজে হাইড্রোজেনের নিচে অবস্থিত কপার, মার্কারী, সিলভার বা গোল্ড লঘু অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিতে পারে না। তাই, হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় এরূপ ধাতু ব্যবহৃত হয় না।

ভারী হাইড্রোজেন (Heavy hydrogen) : হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 1 কিন্তু প্রকৃতিতে 2 ওজনের আরেকটি দ্বিগুণ ভারী হাইড্রোজেন পরমাণু পাওয়া যায়। প্রকৃতিতে প্রাপ্ত 1 ওজনের হাইড্রোজেনের পরিমাণ 99·9844% এবং ভারী হাইড্রোজেনের পরিমাণ 0·0156 % ; কৃত্রিম ভাবেও ট্রাইট্রিয়াম নামের তিন গুণ ওজনের হাইড্রোজেন পরমাণু তৈরী করা যায়। অক্সিজেনকে ইয়ুনিট ধরিয়া পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করা হইলে এরূপ তিন প্রকার হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন হইবে যথাক্রমে 1·0081, 2·0147 এবং 3·0170 ; এই তিন প্রকার পরমাণুকে হাইড্রোজেনের আইসোটোপ (Isotopes) বলা হয়।

হাইড্রোজেনের আইসোটোপ	আইসোটোপের বিশেষ নাম	পারমাণবিক ওজন	ম্যাস নম্বর	স্থায়িত্ব
হাইড্রোজেন—1	হাইড্রোজেন	1·0081	1	স্থায়ী
হাইড্রোজেন—2	ডয়ট্রিয়াম বা ভারী হাইড্রোজেন	2·0147	2	স্থায়ী
হাইড্রোজেন—3	টাইট্রিয়াম	3·0170	3	অস্থা

এই আইসোটোপগুলি ভৌতধর্মে পরস্পরের চেয়ে পৃথক কিন্তু রাসায়নিক ধর্মে সদৃশ। [ইহাদের পারমাণবিক গঠন তৃতীয়ভাগে পরমাণুর সংগঠন অধ্যায়ে দ্রষ্টব্য।]

পারমাণবিক হাইড্রোজেন টর্চ (Mono-atomic hydrogen torch) : টাংস্টেন ধাতুদ্বারা নির্মিত বৈদ্যুতিক আর্কের (electric arc) মধ্যে হাইড্রোজেন গ্যাস চালাইলে হাইড্রোজেন অণু ভাঙ্গিয়া পারমাণবিক হাইড্রোজেন তৈরী হয়। যথা : $H_2 \xrightarrow{\text{বৈদ্যুতিক আর্ক}} 2H$; এই পারমাণবিক হাইড্রোজেন আবার কিছু দূরে যাইয়া হাইড্রোজেন পরমাণুতে পরিণত হয়। হাইড্রোজেন পরমাণু হইতে হাইড্রোজেন অণু গঠনের বিক্রিয়া তাপ-উদ্ভাবক বা এক্সোথারমিক (exothermic), তাই এরূপ অণুগঠন বিক্রিয়ায় প্রচণ্ড তাপ সৃষ্টি হয়। যথা :

$$2H \longrightarrow H_2 + 105,000 \text{ ক্যালোরী তাপ}$$

এরূপ বিক্রিয়ার সাহায্যে হাইড্রোজেন টর্চ তৈরী করা হইলে এরূপক্ষেত্রে অক্সি-হাইড্রোজেন শিখার ন্যায় হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের দহন বিক্রিয়ায় ফলে তাপ সৃষ্টি হয় না,—তাপ সৃষ্টি হয় পারমাণবিক হাইড্রোজেনের আণবিক হাইড্রোজেনে রূপান্তরের বিক্রিয়ার জন্য। এরূপ বিক্রিয়ায় তাপাংক প্রায় 4000°C পর্যন্ত তোলা যায়। তাই হাইড্রোজেন টর্চের সাহায্যে সর্বোচ্চ গলনাংকের ধাতু টাংস্টেন (3,370°C) সহ সমস্ত ধাতুকে বিগলিত করা যায়।

Questions to be discussed

1. What is 'nascent state' ? How would you prove that nascent hydrogen is a stronger reducing agent than ordinary hydrogen ? [*H. S. 1960*]

2. (a) Describe two purely chemical reactions by which hydrogen may be obtained from water. Give equations.

(b) Describe an experiment to show that water is produced when hydrogen reduces an oxide of a metal. [*H. S. 1960*]

3. What is the laboratory method of preparation of hydrogen ? What are the precautions necessary ?

4. What happens when sodium is dropped into water, calcium is burnt in hydrogen, and hydrogen is treated with palladium ?

5. What happens when hydrogen is burnt ? What do you understand by the term nascent hydrogen ? Describe an experiment to prove that nascent hydrogen is very active. What is atomic hydrogen ?

6. How is hydrogen prepared commercially ? What are the use of hydrogen ?

7. How would prove that a certain gas is hydrogen ? What happens when zinc is treated with hydrochloric acid ? Give equation.

8. How would you produce hydrogen from—(i) acid (ii) alkali and (iii) water. State simple principles and give equations.

9. What happens when—(i) Steam is passed over red hot carbon, (ii) Hydrogen is passed over sulphur, (iii) Hydrogen from Kipp's apparatus is passed into potassium permanganate solution and (iv) the same solution treated with zinc and acid in a test tube.

10. What is 'nascent state' ? How would you prove that nascent hydrogen is a stronger reducing agent than ordinary hydrogen. [*H. S. Exam. 1960*]

11. How hydrogen is prepared from zinc and acid ? What precaution should be taken before collecting the gas and why ?

How can you show that (a) hydrogen is a reducing agent (b) water is produced when hydrogen reduces an oxide ? [*H. S. 1964 (comp)*]

১৭ জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া

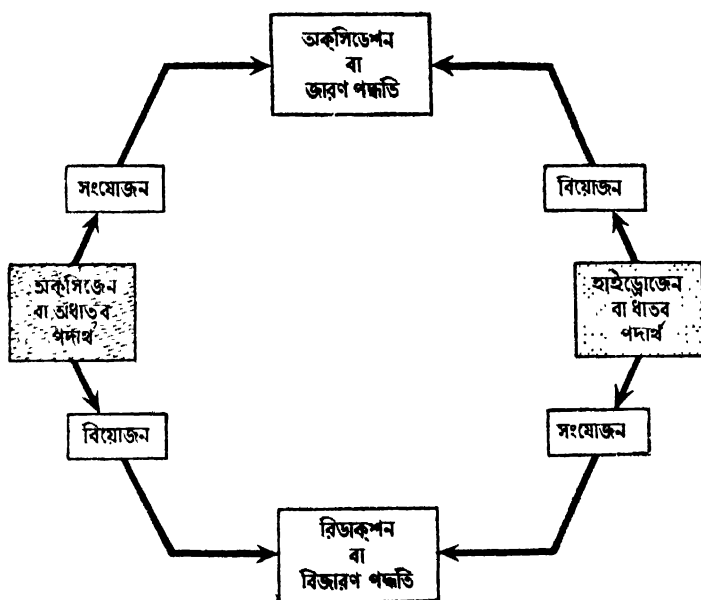
[প্রাথমিক রসায়নের প্রথম ভাগে জারণ ও বিজারণ তথা অকসিডেশন ও রিডাকশন অকসিজেন ও হাইড্রোজেনের সংযোগ ও বিয়োগ—এই সাধারণ অর্থেই জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়া বুঝানো হইয়াছে। ইহাই পাঠক্রমের নির্দেশ। অকসিডেশন ও রিডাকশন বিষয়ের বিস্তৃত আলোচনা তৃতীয় খণ্ডে করা হইয়াছে।]

জারণ ও বিজারণ বা অক্‌সিডেশন ও রিডাক্‌শন
(Oxidation and Reduction)

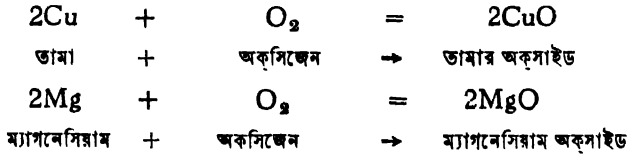
বিভিন্ন পদার্থের সঙ্গে হাইড্রোজেন ও অক্‌সিজেনের সংযোগে বা বিয়োগে নানারকম রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে। এরূপ বিশেষ ধরনের রাসায়নিক বিক্রিয়াকে বলা হয় জারণ বা বিজারণ তথা অক্‌সিডেশন বা রিডাক্‌শন।

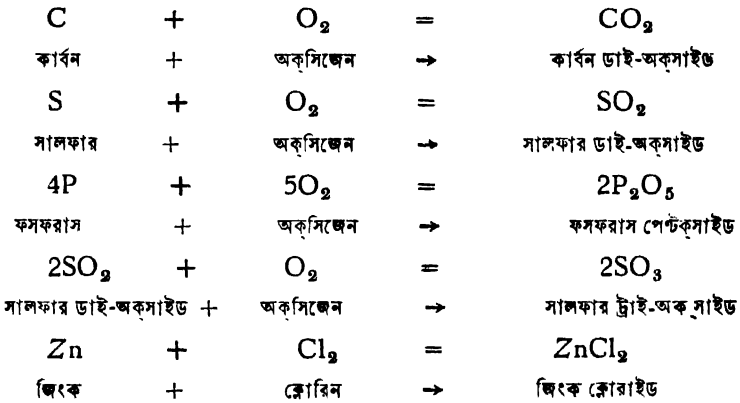
জারণ বা অক্‌সিডেশন (Oxidation) : যে-রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন পদার্থের সঙ্গে অকসিজেনের সংযোগ ঘটে সেই বিক্রিয়াকে বলা হয় জারণ বা অক্‌সিডেশন। কিন্তু কোন যৌগিক পদার্থ হইতে যদি হাইড্রোজেন অপসারিত করিয়া লওয়া হয় তবে সেই হাইড্রোজেন অপসারণের বিক্রিয়াকেও জারণ বা অক্‌সিডেশন বলা হয়। স্নতরাং **জারণ বা অক্‌সিডেশন বলিতে বোঝা যায় কোন পদার্থের সঙ্গে অক্‌সিজেনের সংযোগ অথবা সেই পদার্থ হইতে হাইড্রোজেনের অপসারণ**। যে-পদার্থের সঙ্গে অক্‌সিজেনের সংযোগ ঘটে অথবা যে-পদার্থ হইতে হাইড্রোজেন অপসারিত হয় সেই পদার্থকে **জারিত বা অক্‌সিডাইজ্‌ড্** (oxidised) বলা হয়।

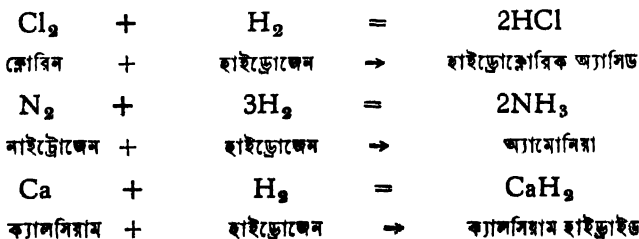
বিজারণ বা রিডাক্‌শন (Reduction) : জারণ বা অক্‌সিডেশনের ঠিক বিপরীত বিক্রিয়ার নাম বিজারণ বা রিডাক্‌শন। **যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোন পদার্থের সঙ্গে হাইড্রোজেনের সংযোগ ঘটে অথবা সেই পদার্থ হইতে অক্‌সিজেন অপসারিত হয় সেই বিক্রিয়াকে বলা হয় বিজারণ বা রিডাক্‌শন**। যে-পদার্থের সঙ্গে হাইড্রোজেনের সংযোগ ঘটে অথবা যে-পদার্থ হইতে অক্‌সিজেন অপসারিত হয় সেই পদার্থকে বলা হয় **বিজারিত বা রিডিউস্‌ড্** (Reduced) **পদার্থ**।

ধাতব বা অ-ধাতব যৌগের সংযোগ বা বিয়োগের অর্থ: জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়ার তাৎপর্য আরও ব্যাপক অর্থে ব্যাখ্যা করা যায়। অক্সিজেন একটি অ-ধাতব পদার্থ। কোন পদার্থের সঙ্গে যদি অক্সিজেনের স্থায় অন্য কোন অ-ধাতু—যেমন ক্লোরিন, আইয়োডিন ইত্যাদির সংযোগ ঘটে তবে সেই বিক্রিয়াকেও জারণ বা অক্সিডেশন বলা হয়। পক্ষান্তরে

হাইড্রোজেন একটি অ-ধাতু বটে, কিন্তু হাইড্রোজেনের ধর্ম ধাতুর স্থায়। তাই, কোন পদার্থের সঙ্গে হাইড্রোজেনের বদলে অন্য কোন ধাতু—যেমন, সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদির সংযোগ ঘটিলে সেই বিক্রিয়াকেও ব্যাপক অর্থে বিজারণ বলা হয়। (বিস্তৃত আলোচনা তৃতীয় ভাগে দ্রষ্টব্য।)

জারণ ক্রিয়ার উদাহরণ: (i) তামা, লোহা, জিংক, টিন, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদি ধাতু অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া ধাতুর অক্সাইড বা ধাতুভস্ম তৈরী করে। ইহা জারণ বিক্রিয়া এবং ধাতুগুলি জারিত হয় এইভাবে। যথা:

2Cu	+	O_2	=	2CuO
তামা	+	অক্সিজেন	→	তামার অক্সাইড
2Mg	+	O_2	=	2MgO
ম্যাগনেসিয়াম	+	অকসিজেন	→	ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড

(ii) অ-ধাতু কার্বন, সালফার, ফসফরাস ইত্যাদি অক্সিজেনের বা অ-ধাতুর সঙ্গে যুক্ত হইয়া অক্সাইড বা অন্য যৌগ গঠন করে এবং এই ভাবে অ-ধাতব পদার্থগুলির জারিত হইয়া যায়।

C	+	O_2	=	CO_2
কার্বন	+	অক্সিজেন	→	কার্বন ডাই-অক্সাইড
S	+	O_2	=	SO_2
সালফার	+	অক্সিজেন	→	সাল্‌ফার ডাই-অক্সাইড
4P	+	$5O_2$	=	$2P_2O_5$
ফসফরাস	+	অক্সিজেন	→	ফসফরাস পেণ্টক্সাইড
$2SO_2$	+	O_2	=	$2SO_3$
সালফার ডাই-অক্সাইড	+	অক্সিজেন	→	সালফার ট্রাই-অক্সাইড
Zn	+	Cl_2	=	$ZnCl_2$
জিংক	+	ক্লোরিন	→	জিংক ক্লোরাইড

বিজারণ বিক্রিয়ার উদাহরণ: (i) যে-সমস্ত পদার্থের সঙ্গে হাইড্রোজেন সংযুক্ত হয় তাহা বিজারিত হইয়া যায়। যথা:

Cl_2	+	H_2	=	2HCl
ক্লোরিন	+	হাইড্রোজেন	→	হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড
N_2	+	$3H_2$	=	$2NH_3$
নাইট্রোজেন	+	হাইড্রোজেন	→	অ্যামোনিয়া
Ca	+	H_2	=	CaH_2
ক্যালসিয়াম	+	হাইড্রোজেন	→	ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড

(ii) যে-সমস্ত পদার্থ হইতে অক্সিজেন বা অ-ধাতব পদার্থ অপসারিত হয় তাহাও বিজারিত হইয়া যায়। যথা :

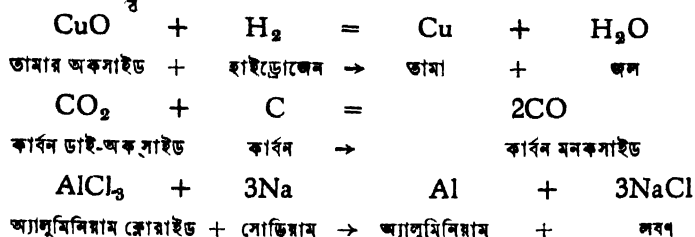
$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

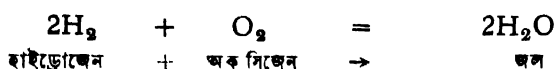
তামার অকসাইড + হাইড্রোজেন → তামা + জল

$$CO_2 + C = 2CO$$

কার্বন ডাই-অক্সাইড কার্বন → কার্বন মনকসাইড

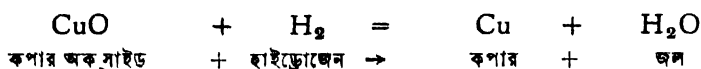
$$AlCl_3 + 3Na \quad Al + 3NaCl$$

অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড + সোডিয়াম → অ্যালুমিনিয়াম + লবণ

জারণ ও বিজারণের যুগপৎ বিক্রিয়া (Oxidation and reduction takes place simultaneously) : জারণ ও বিজারণ বিক্রিয়াগুলি লক্ষ্য করিলে দেখা যায় একই বিক্রিয়ায় একই সঙ্গে জারণ ও বিজারণের বিক্রিয়া যুগপৎ সংঘটিত হয়। যে পদার্থ জারিত হয় সেই পদার্থ-ই আবার অন্য পদার্থকে জারিত করে। অথবা যাহা বিজারিত হয় তাহাই আবার অন্য পদার্থকে জারিত করে। যথা :

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O$$

হাইড্রোজেন + অক্সিজেন → জল

জল গঠনের বিক্রিয়ায় অক্সিজেন হাইড্রোজেনকে জারিত করে, আবার হাইড্রোজেন অক্সিজেনকে বিজারিত করে।

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

কপার অক্সাইড + হাইড্রোজেন → কপার + জল

এই বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন কপার অক্সাইডকে বিজারিত করিয়া কপার গঠন করে। কিন্তু হাইড্রোজেন কপার অক্সাইডের অক্সিজেনের সঙ্গে যুক্ত হইয়া নিজেই আবার জারিত হইয়া যায়।

জারণ ও বিজারণের প্রতিটি উদাহরণ বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায়, যে পদার্থ অন্য পদার্থকে জারিত করে সে নিজেই বিজারিত হইয়া যায়, অথবা যে বিজারিত করে সে নিজেই জারিত হইয়া যায়।

জারক দ্রব্য (Oxidising agent) : **যে সকল দ্রব্য অন্য পদার্থকে অক্সিজেন সরবরাহ করে অথবা অন্য পদার্থের হাইড্রোজেন অপসারণ করে তাহাদের জারক দ্রব্য বলা হয়।** অকসিজেন (O_2), হাইড্রোজেন পারকসাইড (H_2O_2), নাইট্রিক অ্যাসিড (HNO_3), এবং অ্যাসিড

দ্রবণে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) ও পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$), ইত্যাদি দ্রব্যগুলি বিশিষ্ট জারক দ্রব্য।

বিজারক দ্রব্য (Reducing agent) : যে সকল দ্রব্য হাইড্রোজেন সরবরাহ করে অথবা অক্সিজেন অপসারণ করে তাহাদের বলা হয় বিজারক দ্রব্য। হাইড্রোজেন (H_2), কার্বন মনকসাইড (CO), কার্বন (C), সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2)—ইত্যাদি বিজারক দ্রব্য।

পরীক্ষা : (1) একটি পরীক্ষা-নলে ফেরিক ক্লোরাইড দ্রবণ লও এবং একটু উত্তপ্ত কর। এখন এই দ্রবণে ফোঁটা ফোঁটা স্টেনাস ক্লোরাইড দ্রবণ ফেল। দেখিবে হলুদ দ্রবণ বর্ণহীন হইয়া যাইবে। কারণ, ফেরিক ক্লোরাইড বিজারিত হইয়া ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত হইবে। এখানে স্টেনাস ক্লোরাইড বিজারক দ্রব্য।

(2) একটি পরীক্ষা-নলে ফেরাস সালফেট দ্রবণ লও এবং তাহার মধ্যে অ্যামোনিয়াম থাইওসায়ানেট দ্রবণ মিশাও। দ্রবণের রঙে কোন পরিবর্তন হইবে না। দ্রবণে কয়েক ফোঁটা নাইট্রিক অ্যাসিড মিশাও এবং মিশ্র দ্রবণ উত্তপ্ত কর। এখন দ্রবণে আবার কয়েক ফোঁটা অ্যামোনিয়াম থাইওসায়ানেট ঢাল। দ্রবণটি গাঢ় লাল বর্ণ ধারণ করিবে। কারণ, ফেরাস সালফেট নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হইয়া ফেরিক সালফেটে পরিণত হয়। এখানে নাইট্রিক অ্যাসিড জারক দ্রব্য।

Questions to be discussed

1. Define oxidation and reduction with examples.

2. 'Oxidation and reduction occur simultaneously'—explain this with examples.

3. What are the oxidising and reducing agents ? Name a few oxidising and reducing agents.

4. $MgO+CO=Mg+CO_2$, $2Na+H_2=2NaH$; $CO_2+C=2CO$; $CuO+H_2=Cu+H_2O$. Explain how oxidation or reduction takes place in each of these reactions and point out what are the oxidising agents and what are the reducing agents in these reactions.

জল : উৎস ও বিশেষ ভৌতধর্ম

জলের অধ্যায়ে পঠনীয় বিষয় অনেক। তাই জলের অধ্যায়টিকে 'উৎস ও বিশেষ ভৌতধর্ম' (Sources and physical properties) এবং 'রাসায়নিক পরিচয় ও গঠন' (Composition and chemical properties)—এইভাবে দুইটি অধ্যায়ে ভাগ করা হইয়াছে। দ্রবণ ও দ্রবণের উপরে চাপ ও তাপের প্রভাব, বিভিন্ন ধরনের দ্রবণ, দ্রবণীয়তা নির্ণয়, স্ফটিক প্রস্তুতি, উদত্যাগী ও উদগ্রাহী স্ফটিক, দ্রবণীয়তা এবং কলয়ডিয় (Colloidal) দ্রবণ সম্বন্ধে—শুধু সাধারণ ও সরল বর্ণনা পাঠক্রমের অন্তর্ভুক্ত। আংশিক পাতন (fractional distillation) সম্বন্ধে 'রসায়নাগারের পদ্ধতি' অনুচ্ছেদে আলোচনা করা হইয়াছে।

পৃথিবীর বস্তুরাশির মধ্যে সবচেয়ে বেশি পরিমাণে পাওয়া যায় জল। ভূ-পৃষ্ঠের উপরিভাগে চার ভাগের তিন ভাগই জল। বায়ুর ন্যায় জলও জীব ও উদ্ভিদের প্রাণস্বরূপ। জল হাইড্রোজেন ও অকৃসিজেনের একটি যৌগিক পদার্থ। কিন্তু প্রকৃতিতে জল বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না। প্রাকৃতিক জলে নানারূপ পদার্থ ভাসমান ও দ্রবীভূত অবস্থায় মিশ্রিত থাকে। সমুদ্র, নদী, হ্রদ ও বিভিন্ন জলাশয়ের জল সূর্যতাপে বাষ্পে পরিণত হইয়া বায়ুর সঙ্গে মিশিয়া যায় এবং মেঘরূপে ঘনীভূত হয় ও বৃষ্টিরূপে পৃথিবীর উপরে পুনরায় ঝরিয়া পড়ে। এই জল নদীরূপে সমুদ্রে প্রবাহিত হইয়া যায় এবং এইভাবে পৃথিবীতে জলের আদান-প্রদানের সমতাও রক্ষিত হয়। প্রাকৃতিক জলে নানা-প্রকার পদার্থ মিশ্রিত থাকে।

জলের প্রাকৃতিক উৎস (Natural Sources)

প্রাকৃতিক জলের উৎস প্রধানত (i) **সমুদ্রের জল**, (ii) **বৃষ্টির জল**, (iii) **নদী, সরোবর ও হ্রদের জল** (iv) **কূপ ও প্রস্রবণের জল** এবং (v) **খনিজ জল**।

(i) **সমুদ্র-জল** (Sea water): ভূ-পৃষ্ঠের চার ভাগের তিন ভাগ স্থানই সমুদ্র-জলে পূর্ণ। বৃষ্টির জল, নদীর জল এবং প্রকারান্তরে প্রস্রবণ-জলের উৎস ও সাধারণ ও নলকূপও এই সমুদ্র-জল। সমুদ্র জল পান করা যায় না; কারণ সমুদ্র-জলে নানা রকম ধাতব লবণ মিশ্রিত থাকে। এই লবণের মধ্যে আমরা যে-লবণ খাই সেই সোডিয়াম ক্লোরাইড লবণ ছাড়াও পটাসিয়াম,

ম্যাগনেসিয়াম ও ক্যালসিয়াম ইত্যাদি ধাতুর বিভিন্ন রকম ক্লোরাইড, সালফেট ও কার্বনেট লবণও পাওয়া যায়। স্বল্প পরিমাণে ধাতব ব্রোমাইড ও আইয়োডাইড লবণও পাওয়া যায়। সমুদ্র জলে প্রায় 3·6 শতাংশ ধাতব লবণ পাওয়া যায়। তাহার মধ্যে সোডিয়াম ক্লোরাইডের পরিমাণ প্রায় 2·6 শতাংশ। 'ডেড সী'তে (Dead sea) লবণের পরিমাণ প্রায় 22·8 শতাংশ।

(ii) **বৃষ্টির জল** (Rain water) : সমুদ্র, নদী, সরোবর, হ্রদ ইত্যাদির জল সূর্যতাপে বাষ্প হইয়া বায়ুমণ্ডলে মিশিয়া যায় এবং জলীয় বাষ্প শীতল হইয়া বৃষ্টির জলকণারূপে আবার পৃথিবীর বুকে ঝরিয়া পড়ে। যে-জল প্রথমে বাষ্পীভূত হইয়া আবার জলকণায় পরিণত হয় তাহা কার্যত পাতিত জল। বৃষ্টির জল তাই বিশুদ্ধ। কিন্তু বায়ুমণ্ডলে ধূলা-বালি, বায়ুর মধ্যে প্রাপ্ত বিভিন্ন গ্যাস, কার্বন ডাই-অক্সাইড, নাইট্রোজেনের অক্সাইড, অ্যামোনিয়া এবং শহরের বায়ুতে সালফিউরিক অ্যাসিড ও আরও নানারকম গ্যাস ভাসমান অবস্থায় থাকে। এই গ্যাসগুলি ও অন্যান্য ময়লা বৃষ্টির জলে মিশ্রিত বা দ্রবীভূত হইয়া যায় বলিয়া বৃষ্টির জলও সাধারণত বিশুদ্ধ নয়। কয়েক পশলা বৃষ্টির পরে যে-জল পাওয়া যায় তাহা অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ।

(iii) **নদীর জল** (River water) : নদীর জলের উৎস বৃষ্টির জল ও সুউচ্চ পাহাড়-পর্বতের বিগলিত তুষার। পাথর ও ভূমির পথে প্রবাহিত হয় বলিয়া নদীর জলে কাদামাটি, বালুকণা, উদ্ভিদাদি ভাসমান পদার্থ থাকে এবং অন্যান্য জৈব ও অজৈব পদার্থও দ্রবীভূত থাকে। সোডিয়াম, পটাসিয়াম ক্যালসিয়াম ও আয়রনের ক্লোরাইড, সালফেট, কার্বনেট ও বাই-কার্বনেটও মিশ্রিত থাকে। পর্বত ও জমির উপর দিয়া প্রবাহিত হওয়ার সময়ে এই সব খনিজ পদার্থ জলের সঙ্গে মিশিয়া যায়।

(iv) **প্রস্রবণের জল** (Spring water) : পাতাল বা ভূ-পৃষ্ঠের তলা হইতে যে-জল নির্গত হয় তাহাই প্রস্রবণের জল। প্রাকৃতিক প্রস্রবণ, ঝরণা, উৎস ও কুণ্ড এবং কৃত্রিম উপায়ে তৈরী নলকূপ বা পাতকূয়ার জল প্রকৃতপক্ষে প্রস্রবণের জল। প্রধানত বৃষ্টির জল ভূ-পৃষ্ঠের ফাটল দিয়া ঢুকিয়া, কাঁকর পাথর, ও বালিমাটি চুয়াইয়া বিভিন্ন স্তরে জমা হয় বলিয়া এই জলে ভাসমান ময়লা থাকে না। তাই, প্রস্রবণের জল দেখিতে স্বচ্ছ। কিন্তু প্রস্রবণের জলে পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদি ধাতুর লবণ ও গন্ধকের গ্যাস এবং অন্যান্য গ্যাস দ্রবীভূত থাকে। মাটিতে অবস্থিত জীবাণু বা ব্যাকটেরিয়া এরূপ জলের

জৈব পদার্থ জারিত করে বলিয়া প্রস্রবণের জলে জৈবপদার্থ বা অ্যামোনিয়া থাকে না। এজন্য ধাতব লবণ মিশ্রিত খনিজ জল পানীয় জলরূপে ব্যবহৃত হয়।

খনিজ জল (Mineral water): প্রস্রবণের যে-জলে লবণ জাতীয় পদার্থ ও গ্যাসীয় দ্রব্য বেশী পরিমাণে মিশ্রিত থাকে তাহাকে বলা হয় খনিজ জল। ভুবনেশ্বর, রাজগীর ইত্যাদি স্থানের প্রস্রবণে এরূপ খনিজ জল পাওয়া যায়।

কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2), সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2), হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S), সোডিয়াম (বা, পটাসিয়াম) কার্বনেট (Na_2CO_3) ও বাই-কার্বনেট ($NaHCO_3$), ম্যাগনেসিয়াম সালফেট ($MgSO_4$) ইত্যাদি নানারকম গ্যাসীয় পদার্থ ও ধাতব লবণ যে-প্রস্রবণের জলে মিশ্রিত থাকে উহাকেই খনিজ-জল বলা হয়। এরূপ খনিজ জলের স্বাদ বিভিন্ন রকম। ইহা পান করা ও ইহাতে স্নান করা স্বাস্থ্যের পক্ষে কল্যাণকর।

সোডা ওয়াটার, লিমোনেড ইত্যাদি কৃত্রিম খনিজ-জল (artificial mineral water)। ইহাদের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) ও সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ($NaHCO_3$) মিশ্রিত থাকে।

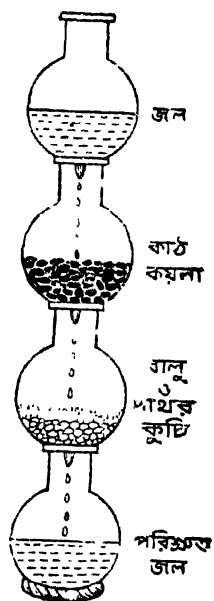
জলের ব্যবহার

জল প্রধানত ব্যবহার করা হয়—(1) পানীয়রূপে, (2) কলকারখানার বয়লারে (3) গৃহ কর্মে ও ধোলাইয়ের কাজে, (4) বিভিন্ন রাসায়নিক কাজ, যথা, ফটোগ্রাফী, ঔষধ তৈরী, রাসায়নিক গবেষণা ইত্যাদির প্রয়োজনে এবং (5) কৃষির কাজে।

পানীয় জলের জন্য প্রয়োজন স্বচ্ছ ও জীবাণু-মুক্ত জল। বয়লার ও ধোলাইয়ের জন্য প্রয়োজন ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের লবণ-মুক্ত জল। রাসায়নিক কাজের জন্য প্রয়োজন বিশুদ্ধ পাতিত জল। সমুদ্রের লোনা জলে কৃষি কাজ চলে না। কৃষির জন্য বৃষ্টি, নদী, সরোবর বা কূয়ার জলের প্রয়োজন।

পানীয় জল (Drinking water): পানীয় জল রাসায়নিক অর্থে বিশুদ্ধ জল নয়। পানীয় জলের মধ্যে স্বল্প পরিমাণে নানারকম ধাতব লবণ ও গ্যাস মিশ্রিত থাকে। তাই, পানীয় জলে এক রকম স্বাদ পাওয়া যায় কিন্তু বিশুদ্ধ পাতিত জল স্বাদহীন। অতিমাত্রায় পাতিত জল পান করিলে দেহস্থ বিভিন্ন

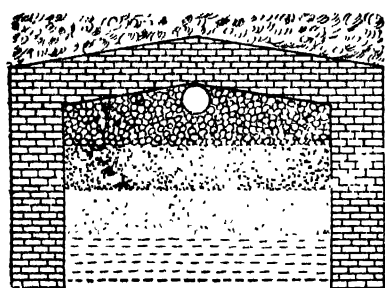
পদার্থ ইহাতে দ্রবীভূত হয় বলিয়া ইহা ক্ষতিকর। পানীয় জল তৈরী করার জন্য প্রথমত ভাসমান ময়লা দূর করিয়া জলকে স্বচ্ছ ও পরিষ্কার করা এবং দ্বিতীয়ত, জলকে জীবাণুমুক্ত করা প্রয়োজন।

1. **স্ফুটন ও থিতান পদ্ধতি** (Boiling and sedimentation process): গ্রামাঞ্চলে নদী বা পুকুরের জল প্রধানত ফটকিরি মিশাইয়া ফুটাইয়া লওয়া হয় এবং সেই ফুটানো জলকে ফিল্টার করিয়া পরিস্রুত করা হয়। জল ফুটাইবার ফলে জীবাণু মরিয়া যায় এবং ফটকিরি মিশাইবার ফলে জলের ভাসমান ময়লা থিতাইয়া পড়ে। এই জল পরিষ্কার কাপড়ে ছাকিয়া পরিস্রুত করা হয়।

পানীয় জল পরিস্রবাণ

অনেক ক্ষেত্রে ফটকিরি মিশ্রিত ফুটান ও থিতানো জল উপরে-নীচে পর পর সাজানো কলসীর ভিতর দিয়া ঝরাইয়া ফিলটার করা হয়। প্রতিটি কলসীর নীচে ছিদ্র করা থাকে। যে-জল পরিস্রুত করা হয় তাহা প্রথম কলসীতে ঢালা হয়। এই কলসী হইতে জল দ্বিতীয় একটি কলসীতে ঝরিয়া পড়ে। এই দ্বিতীয় কলসী পরিষ্কার কাঠ-কয়লা দ্বারা অর্ধেক ভরা থাকে। ইহা হইতে আবার জল ঝরিয়া পড়ে পাথরকুচি ও বালিভরা তৃতীয় আরেকটি কলসীতে। এই তৃতীয় কলসী হইতে যে-জল চতুর্থ কলসীতে ঝরিয়া পড়ে তাহা স্বচ্ছ ও জীবাণুমুক্ত পানীয় জলরূপে সংগ্রহ করা হয়।

2. **নলকূপ** (Tube-well): আজকাল শহর ও গ্রামাঞ্চলে পানীয় জলের জন্য নলকূপের ব্যাপক প্রচলন হইয়াছে। পাথর, কাঁকর ও বালিমাটির রন্ধ্র পথে বৃষ্টির জল চুয়াইয়া ভূ-গর্ভের বিভিন্ন স্তরে গিয়া জমা হয় বলিয়া এই জলে ভাসমান ময়লা থাকে না। মাটিতে অবস্থিত জীবাণু বা ব্যাকটিরিয়ার সাহায্যে জৈব পদার্থ জারিত হইয়া যায় বলিয়া ইহা জৈব পদার্থ এবং সাধারণত জীবাণু মুক্ত থাকে। কিন্তু এই জলে নানারূপ খনিজ পদার্থ দ্রবীভূত থাকে। তাই নলকূপের জলে এক বিশেষরকম স্বাদ পাওয়া যায়। নলকূপের পানীয় জল স্বচ্ছ ও সাধারণত জীবাণুমুক্ত কিন্তু বিশুদ্ধ নয়।

3. **কলের জল** (Tap water) : শহরাঞ্চলে পানীয় জল পরিস্রুত করিয়া সরবরাহ করা হয় জলের কলের মাধ্যমে। শহরের পানীয় জল দুই পর্যায়ে পরিস্রুত করা হয়। প্রথম পর্যায়ে অপরিস্কৃত জল থিতাইয়া ও ফিল্টার করিয়া পরিস্রুত করা হয় এবং দ্বিতীয় পর্যায়ে জলের মধ্যে ভাসমান জীবণু ধ্বংস করা হয়।

প্রথমত, নদী, ঝর্ণা বা সরোবরের জল বড় বড় ইটের তৈরী ট্যাংকে আনিয়া জমা করা হয় এবং তার-জালের খাঁচায় পুরিয়া এই জলের মধ্যে ফটকিরি মিশাইয়া দেওয়া হয়। ফটকিরির ক্রিয়ায় ট্যাংকের তলায় জলের ভাসমান কাদা, মাটি, বালি ইত্যাদি থিতাইয়া পড়ে এবং উপরের আস্রাবিত পরিষ্কার জল পার্শ্বে অবস্থিত অপর একটি ট্যাংকে প্রবাহিত করিয়া সংগ্রহ করা হয়। এরূপ যে ট্যাংকে ভাসমান ময়লা থিতাইয়া ফেলা হয় তাকে বলা হয় সেট্‌লিং ট্যাংক (Settling tank)।

মিহি বালি, মোট বালি ও পাথরনুড়ির সাহায্যে পানীয় জলের পরিস্রুতি

এই দ্বিতীয় ট্যাংক বালি ও পাথর নুড়িতে ভরা থাকে। প্রথম স্তরে থাকে মিহি বালি, দ্বিতীয় স্তরে মোটা বালি এবং তৃতীয় স্তরে থাকে পাথর নুড়ি। এই তিন স্তরের ভিতর দিয়া চুয়াইয়া ফিল্টার হওয়ার ফলে জল পরিস্রুত হইয়া যায়। দ্বিতীয় ট্যাংক ফিলটার বেড (Filter bed) নামে পরিচিত।

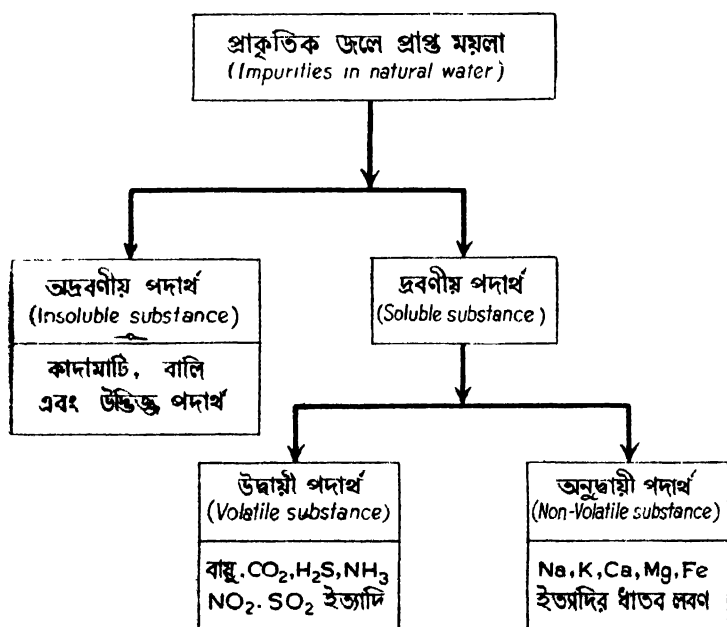
তৃতীয় পর্যায়ে এই পরিস্রুত জলের জীবাণু ক্লোরিন বা ব্লিচিং পাউডার জাতীয় রাসায়নিক দ্রব্য, 'ওজোন' জাতীয় ত্রয়ীপারমাণবিক অকসিজেন (O_3) মিশ্রিত বায়ু অথবা অতি-বেগুনী আলোকরশ্মির (ultra violet rays) সাহায্যে মারিয়া ফেলা হয়।

স্বচ্ছ ও জীবাণু-মুক্ত এই জল অপর একটি উচ্চ ট্যাংকের উপর তুলিয়া উচ্চে অবস্থিত জলের চাপের সুযোগ গ্রহণ করিয়া বড় বড় পাইপ-নলের সাহায্যে গৃহে গৃহে সরবরাহ করা হয়।

গঙ্গার জল পলতায় অবস্থিত সেটলিং ট্যাংক ও ফিলটার বেডে পরিস্রুত করিয়া উঁচু ট্যাংকে সঞ্চিত করা হয়। এই জল নলের সাহায্যে কলিকাতায় সরবরাহ করা হয়।

বিশুদ্ধ বা পাতিত জল প্রস্তুতি
(Preparation of distilled water)

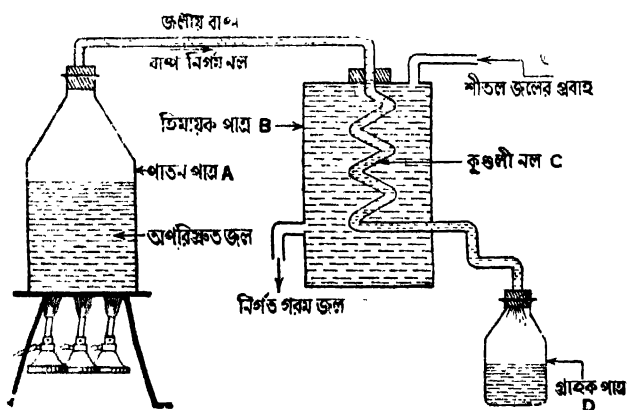
অপরিস্রুত জলে সাধারণত—(i) কাদা, মাটি, বালি ও অদ্রবণীয় অবস্থায় অন্যান্য জৈব ও অজৈব ভাসমান ময়লা (ii) দ্রবীভূত অবস্থায় কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2), সালফার ডাই-অক্সাইড (SO_2), সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন (H_2S), বায়ু ইত্যাদি গ্যাস এবং (iii) সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম, আয়রন ইত্যাদি ধাতুর ক্লোরাইড, কার্বনেট, বাই-কার্বনেট, সালফেট ইত্যাদি লবণ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকিতে পারে। জল বিশুদ্ধ করা হয় তিন পর্যায়ে। যথা :

প্রথম পর্যায়ে পরিস্রাবণ বা ফিলট্রেশন পদ্ধতিতে অর্থাৎ ফিল্টার কাগজ বা ফিলটার স্তরে (filter bed) ছাঁকিয়া পরিস্রুত করিয়া জলের ভাসমান ময়লা অপসারিত করা হয়।

দ্বিতীয় পর্যায়ে স্ফুটন অথবা বয়লিং পদ্ধতিতে জল উত্তপ্ত করিয়া ফুটাইয়া ইহার মধ্যে দ্রবীভূত বিভিন্ন গ্যাস বহিষ্কৃত করা হয়।

তৃতীয় পর্যায়ে এই ভাসমান ময়লা এবং গ্যাসমুক্ত জল ডিষ্টিলেশন পদ্ধতিতে পাতিত করিয়া ইহার মধ্যে দ্রবীভূত পদার্থ অপসারিত করা হয়। পাতন-ক্রিয়ার ফলে জলে দ্রবীভূত কঠিন পদার্থ পাতন-পাত্রে অবশেষরূপে পড়িয়া থাকে এবং গ্রাহক-পাত্রে সংগৃহীত হয় বিশুদ্ধ জল বা ডিষ্টিল্‌ড ওয়াটার (distilled water)। রসায়নাগারে ও ডিসপেন্সারীতে এই বিশুদ্ধ পাতিত জল ব্যবহার করা হয়। বারবার পাতিত জল পাতিত করিয়া অতি বিশুদ্ধ জল তৈরী করা যায়।

পাতিত জলের বাণিজ্যিক উৎপাদন

(Commercial Production of distilled water)

প্রাকৃতিক জলে পাওয়া যায় (i) কাদা, বালি ও উদ্ভিদ-জাতীয় অদ্রবণীয় ভাসমান পদার্থ, (ii) অক্‌সিজেন, নাইট্রোজেন, কার্বন ডাই-অক্‌সাইড, আমোনিয়া, সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন, সালফার ডাই-অক্‌সাইড ইত্যাদি দ্রবণীয় গ্যাসীয় পদার্থ এবং (iii) সোডিয়াম, পটাসিয়াম ক্যালসিয়াম,

বাণিজ্যিক পদ্ধতিতে জল পাতনের যন্ত্র

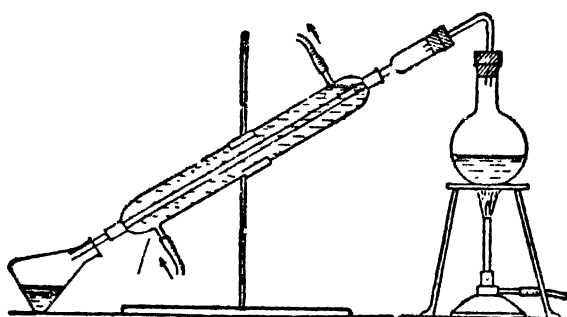
ম্যাগনেসিয়াম ইত্যাদি ধাতুর কার্বনেট, বাই-কার্বনেট, ক্লোরাইড, সালফেট ইত্যাদি দ্রবণীয় লবণ।

প্রথমে ভাসমান ময়লা থিতাইয়া ফেলিয়া এবং আস্রাবিত করিয়া অথবা ফিলটার করিয়া জলের ভাসমান অদ্রবণীয় ময়লা অপসারিত করা হয়। এই

পরিস্রুত জল পরবর্তী পর্যায়ে তামা দ্বারা তৈরী পাতন পাত্রে রাখিয়া পাতিত করা হয়।

জলের বাণিজ্যিক পাতন ব্যবস্থায় পাতন পাত্র (A) এবং হিমায়ক নল বা কণ্ডেন্সার (C) কপার ধাতু দ্বারা তৈরী করা হয়। কুণ্ডলীত হিমায়করূপে ধাতব নল ঠাণ্ডা জলের একটি ট্যাংকে ডুবাইয়া রাখা হয়। এই ট্যাংকের মধ্যে অবিরাম ঠাণ্ডা জল প্রবেশ করে এবং জলীয় বাষ্পের তাপ হরণ করিয়া তপ্ত জল নির্গত হইয়া যায়। গ্রাহক-পাত্র হইতে উত্থিত জলীয় বাষ্প হিমায়কে পুনরায় তরল জলে পরিণত হইয়া কাচের তৈরী গ্রাহক পাত্রে (D) সংগৃহীত হয়।

প্রথমে কিছুক্ষণ পর্যন্ত শীতল না করিয়া বাষ্প ছাড়িয়া দেওয়া হয় এবং এরূপ নির্গত বাষ্পের সঙ্গে দ্রবীভূত গ্যাসীয় পদার্থ নির্মুক্ত হইয়া যায়। পাতিত জলের মধ্যে যাহাতে কোন গ্যাসীয় পদার্থ দ্রবীভূত না থাকে সেজন্য পাতন ক্রিয়ায় প্রাপ্ত জলের প্রথমাংশ বর্জন করা হয়। সেইরূপ পাতিত জলের শেষাংশও বর্জন করা হয়। এরূপ পাতন পদ্ধতিতে গ্রাহকে সংগৃহীত মধ্যাংশের জলকে পাতিত জলরূপে গ্রহণ করা হয়।

রাসায়নিক বিশুদ্ধ জল প্রস্তুতি (Preparation of chemically pure water) : সাধারণ পাতন পদ্ধতিতে প্রস্তুত পাতিত জল প্রথমে ক্লোরিন মিশ্রিত করিয়া ফুটান হয়। এরূপ বিক্রিয়ায় জলে মিশ্রিত অ্যামোনিয়া

লাইবিগ পাতন-যন্ত্র

অপসারিত হয়। অ্যামোনিয়ামুক্ত জল কিছুক্ষণ ফুটাইয়া অতিরিক্ত ক্লোরিন দূর করা হয়। ইহার পরে পটাসিয়াম পারমাঙ্গানেট ও কষ্টিক পটাসের ঘন দ্রবণ জলে মিশাইয়া মিশ্রিত দ্রবণ প্রথমে ফুটান হয় এবং পরে এরূপ

রাসায়নিক দ্রব্য মিশ্রিত জল পাতিত করা হয়। পাতিত জলের প্রথম ও শেষাংশ বর্জন করিয়া মধ্যাংশ রাসায়নিক বিশুদ্ধ জলরূপে কাচের তৈরী গ্রাহক পাত্রে সংগ্রহ করা হয়।

পাতন ক্রিয়া (Distillation): রসায়নাগারে রিটর্টে অথবা লিবিগ পাতন যন্ত্রে (Leibig condenser) জল পাতিত করা যায়।

বিশুদ্ধ বা পাতিত জল প্রস্তুতির পদ্ধতি অনুরূপ :

অপরিস্রুত জল→পরিস্রাবণ→স্ফুটন→বাষ্পায়ন→

জলীয় বাষ্প→শীতলাকরণ→পাতিত জল

খর জল ও মৃদু জল

(Hard water and soft water)

কোন কোন জলে অল্প সাবানেই ফেনা উৎপন্ন হয়, আবার কোন কোন জলে অনেক সাবান খরচ করিবার পরে তবে ফেনা তৈরী হয়।

মৃদুজল (Soft water) **: যে-জলে সহজে সাবানের ফেনা তৈরী হয় তাহাকে বলা হয় মৃদু-জল বা সফ্‌ট ওয়াটার** (soft water)।

খরজল (Hard water) **: যে-জলে অনেক সাবান খরচ করিবার পরে ফেনা তৈরী হয় তাহাকে বলা হয় খর-জল বা হার্ড ওয়াটার (Hard water)।**

জলের মধ্যে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের এবং আয়রনের দ্রবীভূত লবণের জন্য জলের খরতা-ধর্ম (hardness) দেখা দেয়।

[পুনঃ পঠনের সময়ে অনুধাবনযোগ্য]

সাধারণ সাবান উচ্চ আণবিক ওজনের ফ্যাটি অ্যাসিডের (Fatty acids) পটাসিয়াম ও সোডিয়াম লবণ। চর্বি ও তেল হইতে প্রাপ্ত স্টিয়ারিক অ্যাসিড, পামিটিক অ্যাসিড ও অলেইক অ্যাসিডের (stearic, palmitic or oleic acid)। পটাসিয়াম ও সোডিয়াম লবণ জলে দ্রবণীয় এবং ইহারাই সাবান নামে পরিচিত। খর-জলে ম্যাগনেসিয়াম ও ক্যালসিয়াম ও আয়রনের দ্রবণীয় লবণ মিশ্রিত থাকে। এরূপ খর-জল সাবানের সঙ্গে মিশ্রিত করিলে সাবানের সোডিয়াম স্টিয়ারেট জাতীয় লবণ জলের ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম বা আয়রনের লবণের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম বা আয়রন স্টিয়ারেট জাতীয় লবণ তৈরী করে।

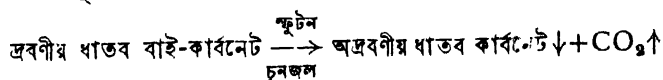
যথা : Na-স্টিয়ারেট + Mg-লবণ = Na-লবণ + Mg-স্টিয়ারেট ↓

সুতরাং যতক্ষণ পর্যন্ত ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম বা আয়রনের লবণ অদ্রবণীয় ধাতব ষ্টিয়ারেট লবণরূপে অধঃক্ষিপ্ত না হয় অর্থাৎ জলের খরতা দূর না হয় ততক্ষণ পর্যন্ত সাবান মিশ্রিত জলে ফেনা তৈরী হয় না।

প্রাকৃতিক জলের খরতা দুই রকমের হইতে পারে। একরকমের খরতা অস্থায়ী এবং অপর রকমের খরতা স্থায়ী।

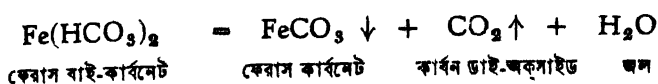
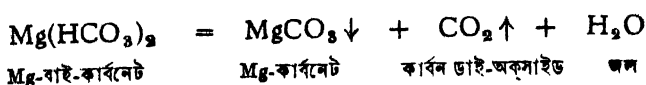
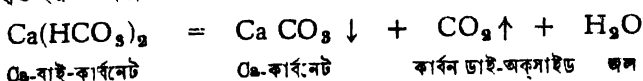
অস্থায়ী খরতা (Temporary hardness) : সাবান মিশ্রিত করিলে যে জলে সহজে ফেনা তৈরী হয় না এরূপ খর-জলে যদি ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও আয়রনের বাই-কার্বনেট লবণ দ্রবীভূত থাকে তাহা হইলে সেই জলের খরতাকে অস্থায়ী খরতা বলা হয়—কারণ, এরূপ খরজল ফুটাইলেই মৃদু জলে পরিণত হয়।

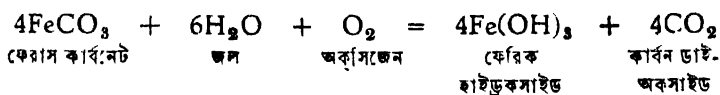
জলের অস্থায়ী খরতা খর-জল (ক) **ফুটাইয়া** অথবা (খ) খর-জলের সঙ্গে **চুন-জল** (lime-water), বা **চুন-দুধ** (milk of lime) অথবা **কলিচুন** (slaked lime) মিশাইয়া দূর করা যায়। এরূপ উভয় পদ্ধতিতেই খর-জলে **দ্রবণীয়** ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও আয়রন বাই-কার্বনেট **অদ্রবণীয়** ধাতব কার্বনেটরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং এইভাবে ধাতব লবণ অপসারিত হইলে জলের অস্থায়ী খরতা দূর হয়। যথা :

$$\text{দ্রবণীয় ধাতব বাই-কার্বনেট} \xrightarrow[\text{চুনজল}]{\text{স্ফুটন}} \text{অদ্রবণীয় ধাতব কার্বনেট}\downarrow + CO_2\uparrow$$

(ক) **স্ফুটন পদ্ধতি** (Boiling Process) : দ্রবণীয় ধাতব বাই-কার্বনেট লবণ ফুটাইলে অদ্রবণীয় ধাতব কার্বনেট লবণরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হইয়া যায়। এই পদ্ধতি প্রধানত গৃহের কাজকর্মের প্রয়োজনে ব্যবহৃত হয়। যথা :

$$\underset{\text{Ca-বাই-কার্বনেট}}{Ca(HCO_3)_2} = \underset{\text{Ca-কার্বনেট}}{CaCO_3\downarrow} + \underset{\text{কার্বন ডাই-অক্সাইড}}{CO_2\uparrow} + \underset{\text{জল}}{H_2O}$$

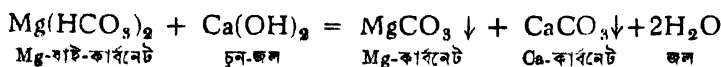
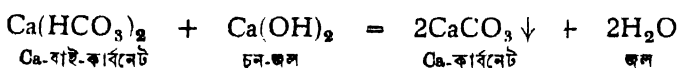
$$\underset{\text{Mg-বাই-কার্বনেট}}{Mg(HCO_3)_2} = \underset{\text{Mg-কার্বনেট}}{MgCO_3\downarrow} + \underset{\text{কার্বন ডাই-অক্সাইড}}{CO_2\uparrow} + \underset{\text{জল}}{H_2O}$$

$$\underset{\text{ফেরাস বাই-কার্বনেট}}{Fe(HCO_3)_2} = \underset{\text{ফেরাস কার্বনেট}}{FeCO_3\downarrow} + \underset{\text{কার্বন ডাই-অক্সাইড}}{CO_2\uparrow} + \underset{\text{জল}}{H_2O}$$

সদ্য অধঃক্ষিপ্ত ফেরাস বাই-কার্বনেট বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া দ্বিতীয় পর্যায়ে লালাভ বাদামী বর্ণের ফেরিক হাইড্রোকসাইডে পরিণত হয়। যথা :

$$4FeCO_3 + 6H_2O + O_2 = 4Fe(OH)_3 + 4CO_2$$
ফেরাস কার্বনেট — জল — অক্সিজেন — ফেরিক হাইড্রকসাইড — কার্বন ডাই-অক্সাইড

(খ) **ক্লার্ক পদ্ধতি** (Clark's Process) : শিল্পের কাজে খর-জলকে মৃদু-জলে পরিণত করার জন্য ক্লার্ক পদ্ধতি বা চুন-জল পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়। এই পদ্ধতিতেও দ্রবণীয় বাই-কার্বনেট লবণ অদ্রবণীয় কার্বনেট লবণে পরিণত হয়। বড় বড় ট্যাংকের মধ্যে প্রথমে চুন ও জল মিশ্রিত করিয়া চুন-জল তৈরী করা হয়।

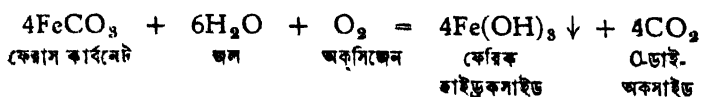
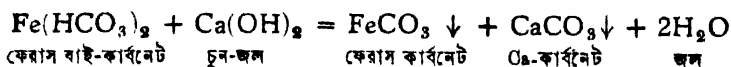
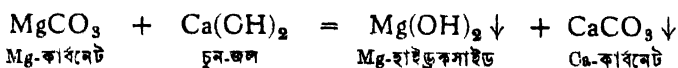
$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$—এই ক্যালসিয়াম হাইড্রোকসাইডের অদ্রবণীয় অংশ তলায় অধঃক্ষিপ্ত হওয়ার পরে আস্রাবিত বা পরিস্রুত করিয়া পরিষ্কার চুন-জল [lime water—$Ca(OH)_2$] পাত্র ভরিয়া সংগ্রহ করিয়া অন্য পাত্রে খর জলের সঙ্গে মিশ্রিত করা হয়। প্রয়োজনীয় পরিমাণের বেশি চুন-জল খর-জলের সঙ্গে মিশ্রিত করিলে উদ্বৃত্ত চুন-জল আবার জলে খরতা সৃষ্টি করে। চুন-জল পদ্ধতির বিক্রিয়া অনুরূপ :

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3\downarrow + 2H_2O$$
Ca-বাই-কার্বনেট — চুন-জল — Ca-কার্বনেট — জল

$$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = MgCO_3\downarrow + CaCO_3\downarrow + 2H_2O$$
Mg-বাই-কার্বনেট — চুন-জল — Mg-কার্বনেট — Ca-কার্বনেট — জল

এই ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট অতিরিক্ত চুন-জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটের চেয়েও বেশি অদ্রবণীয় ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রোকসাইড অধঃক্ষিপ্ত করে। যথা :

$$MgCO_3 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2\downarrow + CaCO_3\downarrow$$
Mg-কার্বনেট — চুন-জল — Mg-হাইড্রকসাইড — Ca-কার্বনেট

$$Fe(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = FeCO_3\downarrow + CaCO_3\downarrow + 2H_2O$$
ফেরাস বাই-কার্বনেট — চুন-জল — ফেরাস কার্বনেট — Ca-কার্বনেট — জল

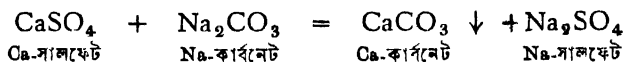
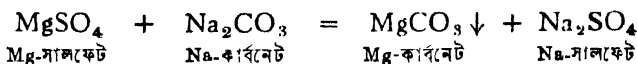
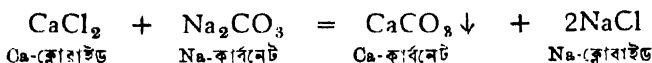
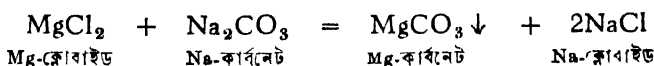
$$4FeCO_3 + 6H_2O + O_2 = 4Fe(OH)_3\downarrow + 4CO_2$$
ফেরাস কার্বনেট — জল — অক্সিজেন — ফেরিক হাইড্রকসাইড — C-ডাই-অক্সাইড

স্থায়ী খরতা (Permanent hardness) **: সাবান মিশ্রিত করিলে যে জলে সহজে ফেনা তৈরী হয় না এরূপ খর-জলে যদি ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর ক্লোরাইড ও সালফেট লবণ দ্রবীভূত থাকে তাহা হইলে সেই জলের খরতাকে স্থায়ী খরতা বলা হয়,—কারণ, এরূপ খর-জল ফুটাইয়া ইহাকে মৃদু-জলে পরিণত করা যায় না।**

অস্থায়ী খরতা দূরীকরণ পদ্ধতির ন্যায় জলের স্থায়ী খরতা খর-জল ফুটাইয়া অথবা ইহার সঙ্গে চুন জল মিশাইয়া দূর করা যায় না। কারণ, এরূপ পদ্ধতিতে দ্রবণীয় ম্যাগনেসিয়াম ও ক্যালসিয়ামের ক্লোরাইড ও সালফেট লবণ ($MgCl_2$, $CaCl_2$, $MgSO_4$, $CaSO_4$) অদ্রবণীয় কার্বনেট লবণরূপে অধঃক্ষিপ্ত করা যায় না। খর-জলের সঙ্গে পর্যাপ্ত পরিমাণে সোডিয়াম কার্বনেট মিশ্রিত করিলে অদ্রবণীয় ধাতব কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং খর-জল মৃদু জলে পরিণত হয়। যথা :

$$\underset{\text{Mg-ক্লোরাইড}}{MgCl_2} + \underset{\text{Na-কার্বনেট}}{Na_2CO_3} = \underset{\text{Mg-কার্বনেট}}{MgCO_3\downarrow} + \underset{\text{Na-ক্লোরাইড}}{2NaCl}$$

$$\underset{\text{Ca-ক্লোরাইড}}{CaCl_2} + \underset{\text{Na-কার্বনেট}}{Na_2CO_3} = \underset{\text{Ca-কার্বনেট}}{CaCO_3\downarrow} + \underset{\text{Na-ক্লোরাইড}}{2NaCl}$$

$$\underset{\text{Mg-সালফেট}}{MgSO_4} + \underset{\text{Na-কার্বনেট}}{Na_2CO_3} = \underset{\text{Mg-কার্বনেট}}{MgCO_3\downarrow} + \underset{\text{Na-সালফেট}}{Na_2SO_4}$$

$$\underset{\text{Ca-সালফেট}}{CaSO_4} + \underset{\text{Na-কার্বনেট}}{Na_2CO_3} = \underset{\text{Ca-কার্বনেট}}{CaCO_3\downarrow} + \underset{\text{Na-সালফেট}}{Na_2SO_4}$$

সোডিয়াম কার্বনেট মিশ্রিত করার পরে অদ্রবণীয় ধাতব কার্বনেট অধঃক্ষিপ্ত হইলে মৃদু জল ফিলটার স্তরে (filter bed) পরিস্রুত করিয়া লওয়া হয়।

একসঙ্গে অস্থায়ী ও স্থায়ী খরতা দূরীকরণ

(Simultaneous removal of temporary and permanent hardness)

বর্তমানে একই সঙ্গে অস্থায়ী ও স্থায়ী খরতা দূর করিয়া মৃদু জল লণ্ড্রীতে ধোলাই এবং শিল্পে বয়লারের কাজে ব্যবহৃত করা হয়। যুগপৎ অস্থায়ী ও স্থায়ী খরতা দূরীকরণের পদ্ধতি দুই প্রকার, (ক) **লাইমসোডা পদ্ধতি**, এবং **(খ) খারক বিনিময় বা পারমিউটিট পদ্ধতি।**

(ক) **লাইম সোডা পদ্ধতি** (Lime Soda Process) **:** এরূপ পদ্ধতিতে পরিমিত অনুপাতে খর-জলের সঙ্গে চুন (CaO) বা লাইম এবং

সোডিয়াম কার্বনেট তথা সোডা (Na_2CO_3) মিশাইয়া ইহাকে মৃদু-জলে পরিণত করা হয়। অনেক সময়ে খর-জলে অল্প পরিমাণে কষ্টিক সোডাও ($NaOH$) মিশ্রিত করা হয়। এরূপ বিকারক মিশ্রণে ধাতব বাই-কার্বনেট এবং ধাতব ক্লোরাইড ও সালফেট লবণ অদ্রবণীয় ধাতব লবণে পরিণত হইয়া অধঃক্ষিপ্ত হইয়া যায় এবং বিক্রিয়ার পরে মৃদু জল পরিস্রুত বা আস্রাবিত করিয়া লওয়া হয়। বিক্রিয়া অনুরূপ :

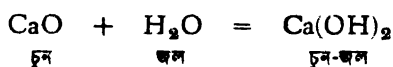
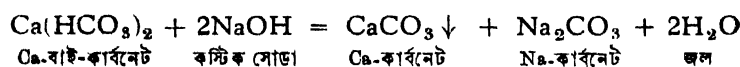
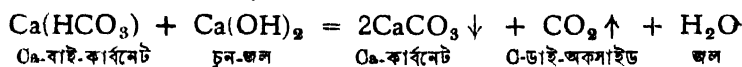
জলে মিশাইবার সঙ্গে সঙ্গে চুন চুন-জল বা ক্যালসিয়াম হাইড্রোক্সাইডে পরিণত হয়। যথা :

$$\underset{\text{চুন}}{CaO} + \underset{\text{জল}}{H_2O} = \underset{\text{চুন-জল}}{Ca(OH)_2}$$

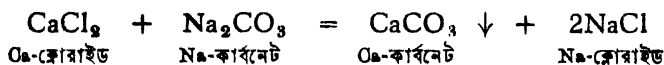
(i) অস্থায়ী খরতা দূরীকরণ :

$$\underset{\text{Ca-বাই-কার্বনেট}}{Ca(HCO_3)} + \underset{\text{চুন-জল}}{Ca(OH)_2} = \underset{\text{Ca-কার্বনেট}}{2CaCO_3\downarrow} + \underset{\text{C-ডাই-অক্সাইড}}{CO_2\uparrow} + \underset{\text{জল}}{H_2O}$$

$$\underset{\text{Mg-বাই-কার্বনেট}}{Mg(HCO_3)_2} + \underset{\text{কস্টিক সোডা}}{2NaOH} = \underset{\text{Mg-কার্বনেট}}{MgCO_3\downarrow} + \underset{\text{Na-কার্বনেট}}{Na_2CO_3} + \underset{\text{জল}}{2H_2O}$$

$$\underset{\text{Ca-বাই-কার্বনেট}}{Ca(HCO_3)_2} + \underset{\text{কস্টিক সোডা}}{2NaOH} = \underset{\text{Ca-কার্বনেট}}{CaCO_3\downarrow} + \underset{\text{Na-কার্বনেট}}{Na_2CO_3} + \underset{\text{জল}}{2H_2O}$$

[অন্যান্য বিক্রিয়া অস্থায়ী খরতার অধ্যায় দ্রষ্টব্য]

(ii) স্থায়ী খরতা দূরীকরণ :

$$\underset{\text{Ca-ক্লোরাইড}}{CaCl_2} + \underset{\text{Na-কার্বনেট}}{Na_2CO_3} = \underset{\text{Ca-কার্বনেট}}{CaCO_3\downarrow} + \underset{\text{Na-ক্লোরাইড}}{2NaCl}$$

[অন্যান্য বিক্রিয়া স্থায়ী খরতার পূর্ববর্তী অধ্যায়ে দ্রষ্টব্য]

(খ) **ক্ষারক বিনিময় বা পারমিউটিট পদ্ধতি** (The Base Exchange or Permutit Process) : এই আধুনিক পদ্ধতি ব্যাপকভাবে শিল্প জগতে একই সঙ্গে জলের অস্থায়ী ও স্থায়ী খরতা দূর করিয়া মৃদু জল তৈরী করার জন্য ব্যবহার করা হয়। খর-জলের ক্ষারক মূলক (basic radical) ও পারমিউটিটের ক্ষারক মূলক পরস্পরকে প্রতিস্থাপিত করে বলিয়া এরূপ পদ্ধতিকে ক্ষারক-বিনিময় পদ্ধতিও বলা হয়।

পারমিউটিট কৃত্রিমভাবে তৈরী সোডিয়াম-অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট। ইহা প্রাকৃতিক খনিজ পদার্থ জিওলাইটের (Zeolite) অনুরূপ। এরূপ সোডিয়াম-অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেটের কৃত্রিম যৌগকে ($NaAlSiO_4, 3H_2O$) বাণিজ্যিক ভাষায় **পারমিউটিট** বলা হয়।

প্রথম পর্যায়ে স্থায়ী ও অস্থায়ী খরতা-সম্পন্ন জল পারমিউটিট স্তরের ভিতর দিয়া পরিস্রুত বা ফিলটার করা হয়। পারমিউটিট স্তরের ভিতর দিয়া চুয়াইবার সময়ে খর-জলে দ্রবীভূত লবণের ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম বা আয়রনের ক্ষারকীয় মূলকের (Basic radical) সঙ্গে পারমিউটিটের সোডিয়াম মূলকের বিনিময় ঘটে। এরূপ বিক্রিয়ায় অদ্রবণীয় ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম বা আয়রন পারমিউটিট তৈরী হইয়া পারমিউটিট স্তরের উপরে অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং দ্রবণীয় সোডিয়াম লবণ মৃদু জলের সঙ্গে পরিস্রুত হইয়া পারমিউটিট স্তরের নিচে সঞ্চিত হয়। যথা :

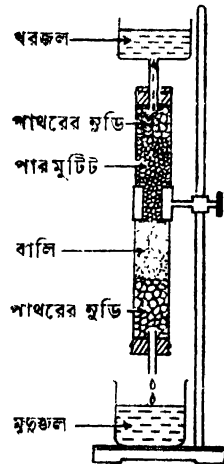
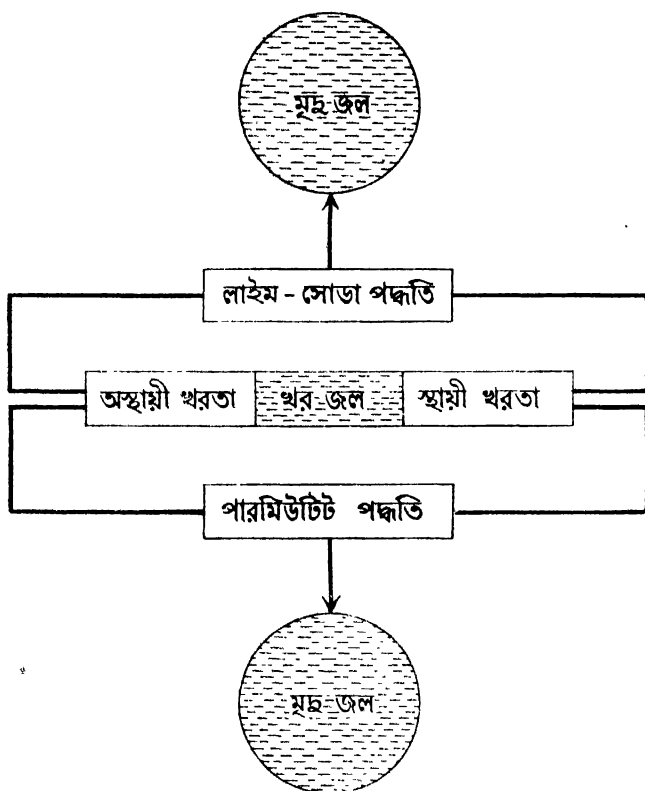
সোডিয়াম পারমিউটিট + ক্যালসিয়াম লবণ
→ক্যালসিয়াম পারমিউটিট↓ + সোডিয়াম লবণ

সোডিয়াম পারমিউটিট + ম্যাগনেসিয়াম লবণ
→ম্যাগনেসিয়াম পারমিউটিট↓ + সোডিয়াম লবণ

দীর্ঘ সময় ব্যবহারের ফলে সোডিয়াম পারমিউটিট অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম বা ম্যাগনেসিয়াম পারমিউটিটে পরিণত হইলে দ্বিতীয় পর্যায়ে পারমিউটিট স্তরের উপরে লবণ-জল ঢালিয়া নিষ্ক্রিয় পারমিউটিটকে সক্রিয় ও পুনরুদ্ধার করিয়া পুনরায় জলের খরতা দূর করার জন্য ব্যবহার করা হয়। লবণ জলের (NaCl) সঙ্গে বিক্রিয়ায় আবার সোডিয়াম পারমিউটিট তৈরী হয়। যথা :

Ca বা Mg – **পারমিউটিট** + NaCl (**লবণ জল**)
→ **সোডিয়াম** (Na) **পারমিউটিট** + $CaCl_2$ বা $MgCl_2$

পদ্ধতি (Process) : সিলিণ্ডারের আকারে গঠিত খাড়া নলের মধ্যে ও নিচে স্থাপিত বালি স্তম্ভের অথবা পাথর কুচি ও বালির স্তরের মাঝখানে পারমিউটিট স্তর রাখা হয়। নলের উপরে খর জল ঢালা হয় এবং নলের তলায় সংগ্রহ করা হয় পরিস্রুত মৃদু-জল। দীর্ঘ ব্যবহারের ফলে পারমিউ-টিট স্তর নিষ্ক্রিয় হইলে খর-জল ঢালা বন্ধ করিয়া নলে লবণ-জল ঢালা হয় এবং তাহার ফলে পারমিউটিট স্তর পুনরায় সক্রিয় হইয়া খর-জলকে মৃদু-জলে পরিণত করার উপযোগী হয়।

পারমুটিট পদ্ধতি

খর-জল ব্যবহারে ক্ষতি বা জল মৃদুকরণের প্রয়োজনীয়তা (Necessity for water softening) : (i) খর জল ব্যবহার করিলে লণ্ড্রীর কাজে অর্থাৎ ধোলাইয়ের কাজে অনেক বেশি পরিমাণে সাবানের প্রয়োজন হয় এবং যতক্ষণ পর্যন্ত না ক্যালসিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম ও আয়রনের লবণ অপসারিত হয় ততক্ষণ পর্যন্ত সাবানের কোন ক্রিয়া হয় না। খর জল ব্যবহার করিলে লোহার জন্য কাপড়ে দাগ পড়ে। কারণ লোহার অদ্রবণীয় লবণ কাপড়ের তন্তুতে অধঃক্ষিপ্ত হয়। (ii) খর-জল ব্যবহার করিলে কল কারখানার বয়লারে কঠিন অদ্রবণীয় ধাতব লবণের সর পড়ে, বয়লারের দেয়াল ক্ষয় হইয়া

যায় ও বয়লার ফাটিয়া দুর্ঘটনা ঘটার সম্ভাবনা দেখা দেয় এবং বয়লারে ফেনা তৈরী হয়। (iii) কাগজ, কৃত্রিম সিল্ক ও রঞ্জন শিল্পে খর-জল ব্যবহার করিলে, বিশেষ করিয়া লোহর জন্য এক প্রকার দাগ বা বাদামী বর্ণের দাগ সৃষ্টি হয়। সেজন্য ধোলাইয়ের কাজে, বয়লারে এবং বিভিন্ন রাসায়নিক শিল্পে মৃদু জল ব্যবহার করা হয়।

পাইপে খর জলের তলানী

মৃদু জল ও খর জল

জল → খর জল — বেশী সাবানে ফেনা হয়

জল → মৃদু জল — অল্প সাবানে ফেনা হয়

খর জল → স্থায়ী খরতা — Ca ও Mg — ক্লোরাইড ও সালফেট $CaCl_2$, $MgSO_4$

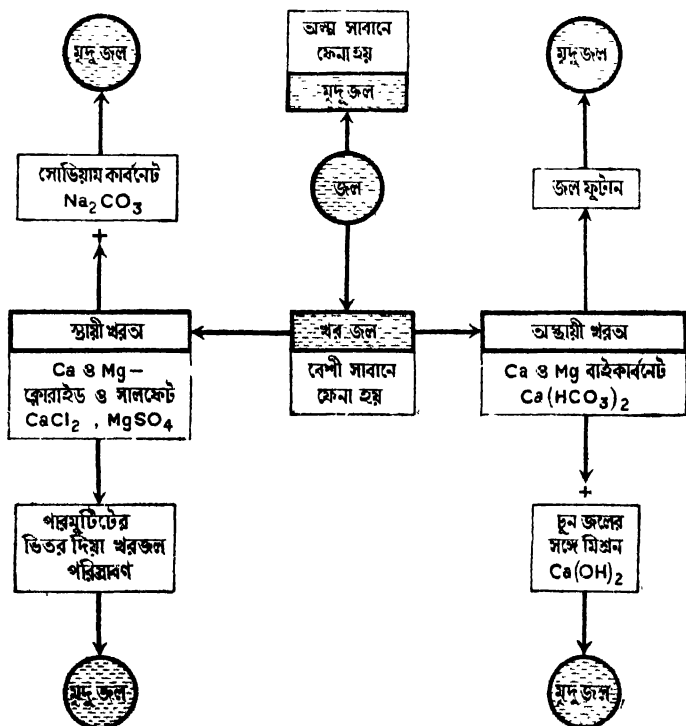
স্থায়ী খরতা + সোডিয়াম কার্বনেট Na_2CO_3 → মৃদু জল

স্থায়ী খরতা → পারমুটিটের ভিতর দিয়া খরজল পরিস্রাবণ → মৃদু জল

খর জল → অস্থায়ী খরতা — Ca ও Mg বাইকার্বনেট $Ca(HCO_3)_2$

অস্থায়ী খরতা → জল ফুটান → মৃদু জল

অস্থায়ী খরতা + চুন জলের সঙ্গে মিশ্রন $Ca(OH)_2$ → মৃদু জল

জলের খরতা দূরীকরণের পদ্ধতি

জলের বিশেষ ভৌত ধর্ম

(Special physical properties of water)

দ্রাবকতা জলের একটি বিশেষ ভৌত-ধর্ম। জলের দ্রাবকতা ধর্মের সাহায্য গ্রহণ করিয়া দ্রবণ, পরিস্রাবণ, বাষ্পায়ন, পাতন, স্ফটিকীকরণ ইত্যাদি পদ্ধতি-গুলি রসায়নাগারে সহজভাবে কার্যকরী করা সম্ভব। জলের অন্যান্য ভৌত-ধর্মও বর্তমান।

তরল জল উত্তাপের প্রভাবে বাষ্পে পরিণত হয় এবং 0°C তাপাংকে কঠিন বরফরূপে জমিয়া ওঠে। তাপের প্রভাবে জলের বাষ্পে রূপান্তরের প্রক্রিয়াকে বলা হয় **বাষ্পীভবন** (evaporation)। 100°C উষ্ণতায় জল ফুটিতে থাকে। 0°C শীতলতার প্রভাবে জল বরফে রূপান্তরিত হয়। এই ক্রিয়াকে বলা হয় **হিমায়ন** (freezing)। [রসায়নাগারের সাধারণ পদ্ধতির অধ্যায় দ্রষ্টব্য।]

জলের দ্রাবকতা ধর্ম (Solvent properties of water)

জলের মধ্যে বিভিন্ন বস্তু মিশাইলে তিন রকম অবস্থা দেখা যায়।

(i) কোন কোন পদার্থ জলের মধ্যে দ্রবীভূত হয় না,—অবিমিশ্রিতভাবে ভাসিতে থাকে। যেমন জলের মধ্যে কাদা, বালি, খড়িমাটি মিশাইলে জল ঘোলা হইয়া যায়। এরূপ ঘোলা জল বেশ কিছু সময় স্থিরভাবে রাখিয়া দিলে ভাসমান ময়লা নীচে থিতাইয়া পড়ে এবং উপরের জল স্বচ্ছ হইয়া যায়।

(ii) **দ্রবণ** (Solution) : কোন কোন পদার্থ জলে অবিচ্ছিন্নভাবে তথা সমসত্ত্ব ভাবে (homogeneous) মিশিয়া যায়। জলে চিনি, লবণ বা তুঁতে মিশাইলে তাহা জলের মধ্যে সম্পূর্ণভাবে মিশিয়া যায়। জলের সঙ্গে অন্য পদার্থের এরূপ সমসত্ত্ব মিশ্রণকে বলা হয় **দ্রবণ**।

(iii) **কলয়ডিয় দ্রবণ** (Colloidal solution): কোন কোন পদার্থ জলের সঙ্গে আংশিক ভাবে মিশিয়া যায় বটে কিন্তু সম্পূর্ণভাবে বা নিরবচ্ছিন্ন ভাবে মিশিয়া যায় না,—জলের মধ্যে অদ্রবণীয় পদার্থের চেয়ে অপেক্ষাকৃত সূক্ষ্ম আকারে ভাসিতে থাকে। যে-কোন পাত্রে দুধ রাখিয়া দিলে দুধের অদ্রাব্য অংশ জল হইতে বিচ্ছিন্ন হইয়া নীচে পড়িয়া যায় না। কিন্তু দুধ জলের সঙ্গে সম্পূর্ণ মিশিয়াও যায় না। জলের সঙ্গে অন্য পদার্থের মিশ্রণের ফলে এরূপ যে-দ্রবণ তৈরী হয় তাহাকে বলা হয় **কলয়ডিয় দ্রবণ**।

সাধারণ দ্রবণ (Common Solution) : জলের মধ্যে গ্যাস, তরল ও কঠিন,—এই তিন অবস্থার পদার্থই দ্রবীভূত হইতে পারে। সাধারণ দ্রবণে অন্য পদার্থ জলের মধ্যে সমভাবে মিশিয়া গিয়া নিশ্চিহ্ন হইয়া যায়। এই দ্রবণকে দিনের পর দিন সুস্থিরভাবে রাখিয়া দিলেও জলের সঙ্গে মিশ্রিত পদার্থটি অর্থাৎ দ্রাব কখনও বিচ্ছিন্ন হয় না। দ্রবণের সহজ পরিচয় দিয়া বলা যায় :

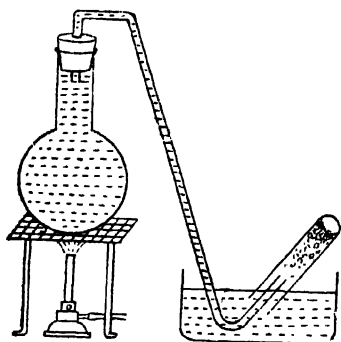
দ্রবণ = দ্রাবক + দ্রাব (Solution = Solute + Solvent) এবং জলীয় দ্রবণ = জল + অন্যান্য পদার্থ। দ্রবণের দ্রাব কোন সময়েই স্বাভাবিকভাবে দ্রাবক হইতে বিচ্ছিন্ন হয় না এবং এক ফোঁটা দ্রবণে যে-অনুপাতে দ্রাব ও দ্রাবক পাওয়া যায়, এক সের দ্রবণেও সেই অনুপাতেই দ্রাব ও দ্রাবক পাওয়া যায়। কারণ, দ্রাবকের মধ্যে দ্রাব অর্থাৎ জলের মধ্যে দ্রবণীয় পদার্থ সমস্বত্ব ভাবে মিশিয়া দ্রবণ তৈরী করে। লবণ, চিনি, তুঁতে, অ্যাসিড, ক্ষার, গ্যাস ইত্যাদি জলের মধ্যে সমানভাবে মিশিয়া দ্রবণ তৈরী করে। এইজন্য দ্রবণকে **সমস্বত্ব মিশ্রণও** (homogeneous mixture) বলা হয়। [দ্রবণ সম্বন্ধে রসায়নাগারের পদ্ধতি অধ্যায়টিও দ্রষ্টব্য]

জল ব্যতীত অন্যান্য দ্রাবক (Other solvents) : জল সর্বোৎকৃষ্ট দ্রাবক হইলেও চর্বি, মাখন, স্নেহজাতীয় অন্যান্য পদার্থ, বিভিন্ন রকমের তেল, রং মোম, রজন, গালা, ইত্যাদি জৈব বস্তুগুলি জলের মধ্যে দ্রবীভূত করা যায় না। এরূপ জৈব পদার্থ দ্রবীভূত করার জন্য অন্য রকম দ্রাবকের প্রয়োজন। জল ছাড়াও ইথার, পেট্রল, কেরোসিন তেল, অ্যালকোহল, অ্যাসিটোন, ক্লোরোফর্ম, কার্বন টেট্রাক্লোরাইড, বেঞ্জিন ইত্যাদি জৈব তরল পদার্থগুলিকে দ্রাবকরূপে ব্যবহার করা যায়। বিশেষভাবে চর্বিজাতীয় বস্তু, নানারকম তেল বিভিন্ন ধরনের রং, ভার্নিশ, গ্রীজ এবং গালাজাতীয় জৈব পদার্থের দ্রবণ তৈরী করার জন্য ইথার, পেট্রল, কেরোসিন তেল ও বেঞ্জিন ইত্যাদি জৈবজাতীয় তরল ব্যবহার করা হয়। কার্বন ডাই-সালফাইড গন্ধক বা সালফার ও ক্লোরোফর্ম আইয়োডিন দ্রবীভূত করে।

গ্যাসের দ্রবণীয়তা (Solubility of gases)

জলের মধ্যে অনেক রকম গ্যাস দ্রবীভূত হইতে পারে। জলের মধ্যে বায়ু অল্প পরিমাণে দ্রবীভূত থাকে। জলে দ্রবীভূত বায়ু হইতে কান্‌কোর সাহায্যে অক্সিজেন সংগ্রহ করিয়া জলের অনেক প্রাণী বাঁচিয়া থাকে। জলের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইডও (CO_2) দ্রবীভূত থাকে। জলের নীচে যে

উদ্ভিদ জন্মে সেই উদ্ভিদ জলে দ্রবীভূত এই কার্বন ডাই-অক্সাইডের কার্বন সংগ্রহ করিয়া বাঁচিয়া থাকে এবং বৃদ্ধি পায়। সালফার ও ফসফরাস এবং আরও অনেক রকম মৌলিক পদার্থের গ্যাসীয় ও কঠিন অকসাইড (SO_2, SO_3, P_2O_3, P_2O_5) এবং হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেনের যৌগিক পদার্থ অ্যামোনিয়া (NH_3), হাইড্রোজেন ও সালফারের যৌগিক পদার্থ সালফিউরেটেড্ হাইড্রোজেন (H_2S) ইত্যাদি জলের মধ্যে দ্রবীভূত হইতে পারে। অ্যামোনিয়ার ন্যায় কয়েকটি গ্যাস ছাড়া জলের মধ্যে গ্যাসের দ্রবণীয়তার পরিমাণ সাধারণত কম। **জলের গ্যাসীয় দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে গ্যাস নির্গত হইয়া উড়িয়া যায়।** জলের মধ্যে বায়ু ও অন্যান্য গ্যাসীয় পদার্থ দ্রবীভূত থাকে বলিয়াই জলকে উত্তপ্ত করিলে তার মধ্যে গ্যাসীয় বুদ্‌বুদ্ সৃষ্টি হইতে দেখা যায়।

উত্তাপের জল হইতে গ্যাস অপসারণ

পরীক্ষা : একটি জলভরা ফ্লাস্ক লও এবং একটি ছিদ্র-করা কর্ক দিয়া ফ্লাস্কের মুখটি বন্ধ করিয়া দাও। কর্কের ছিদ্র দিয়া একটি বাঁকানো নির্গম-নল লাগাও। ফ্লাস্কটি ত্রি-পদের উপর তারজালে বসাও এবং নির্গম-নলটি একটি জলভরা দ্রোণীতে রাখ। নির্গম নলটিও সম্পূর্ণভাবে জল দিয়া ভর্তি কর। নির্গম-নলের ঊর্ধ্বমুখী মাথায় একটি জলভরা পরীক্ষা-নল বসাইয়া দাও। এইবার বুনসেন দীপের সাহায্যে ফ্লাস্কটি উত্তপ্ত কর। দেখিবে, ফ্লাস্কের জল হইতে বুদ্‌বুদের আকারে অল্প আয়তনে গ্যাস নির্গত হইয়া পরীক্ষা-নলে জমা হইতেছে। জলের মধ্যে স্বাভাবিক অবস্থায় যে-বায়ু দ্রবীভূত ছিল তাহাই উত্তাপের ফলে বিচ্ছিন্ন হইয়া পরীক্ষা নলে জমা হইয়াছে।

দ্রবণীয়তার উপর তাপ ও চাপের প্রভাব (Effect of temperature and pressure on solution) **:** তাপ ও চাপের প্রভাবে জলের মধ্যে গ্যাসের দ্রবণীয়তায় পরিবর্তন ঘটে। **তাপের প্রভাবে জলের মধ্যে গ্যাসের দ্রবণীয়তা কমিয়া যায় এবং দ্রবীভূত গ্যাস জল হইতে নির্গত হইয়া যায়।** তাই জলকে উত্তপ্ত করিলে বায়ু নির্গত হয়। অ্যামোনিয়া,

কার্বন ডাই-অক্সাইড ইত্যাদি জলে দ্রবীভূত করিলে এরূপ যে-কোন গ্যাসীয় দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে জল হইতে গ্যাস বিচ্ছিন্ন হইয়া নির্গত হইয়া যায়।

গ্যাসের উপর চাপের প্রভাব তাপের বিপরীত। **চাপের প্রভাবে গ্যাসের দ্রবণীয়তা বাড়ে।** লিমোনেড বা সোডা ওয়াটারের মধ্যে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্রবীভূত থাকে। সোডা-ওয়াটারের বোতলের মুখ খোলার সঙ্গে সঙ্গে ভুর ভুর করিয়া গ্যাস বাহির হইতে আরম্ভ করে। বোতলের মুখ খোলার আগে বোতলের জলীয় দ্রবণের উপরে গ্যাসের যে চাপ ছিল, মুখ খোলার সঙ্গে সঙ্গে গ্যাসের সেই চাপ কমিয়া যায় এবং তার ফলে গ্যাসের দ্রবণ-ক্ষমতাও হ্রাস পায়। তাই বোতল খোলার সঙ্গে সঙ্গে জলীয় দ্রবণ হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস বাহির হইতে আরম্ভ করে।

নির্দিষ্ট চাপে এবং বিভিন্ন তাপাংকে গ্যাসের দ্রবণীয়তা (Solubility of gases at a fixed pressure and different temperatures) :

1 c.c. জলে নির্দিষ্ট 760 mm. চাপে c. c বা ml. আয়তনে বিভিন্ন তাপাংকে গ্যাসের দ্রবণীয়তা

গ্যাস	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C
নাইট্রোজেন	0·0239	0·0196	0·0164	0·0138	0·0118	0·0106
অকসিজেন	0·049	0·038	0·031	0·026	0·023	0·021
কার্বন ডাই-অকসাইড	1·713	1·194	0·878	0·665	0·530	0·436
সালফার ডাই-অকসাইড	79·8	56·6	39·4	27·2	18·8	—
অ্যামোনিয়া	1299	910	709	393(28°C)	—	—
হাইড্রোজেন ক্লোরাইড	507	474	442	411	386	362

নির্দিষ্ট তাপাংকে এবং বিভিন্ন চাপে গ্যাসের দ্রবণীয়তা (Solubility of gases at a fixed temperature and different pressures) :

1 c. c. বা ml জলে 0°C তাপাংকে বিভিন্ন চাপে গ্যাসের দ্রবণীয়তা

চাপ	কার্বন ডাই-অকসাইড	দ্রবীভূত গ্যাসের পরিমাণ
এক বায়ুর চাপ (760 m.m.)	”	0·0356 গ্রাম
দুই বায়ুর চাপ ”	”	0·0713 ”
চার বায়ুর চাপ ”	”	0·1426 ”
অর্ধ বায়ুর চাপ ”	”	0·0178 ”
এক-তৃতীয়াংশ বায়ুর চাপ	”	0·0119 ”

জলের হিমাংক ও স্ফুটনাংকের উপর দ্রাবের প্রভাব (Effect of solute on freezing point and boiling point of water) : জল 0°C তাপাংকে জমিয়া বরফে পরিণত হয়। কিন্তু জলের মধ্যে যদি লবণ চিনি বা অন্য কোন পদার্থ দ্রবীভূত থাকে তবে সেই জলীয় দ্রবণকে 0°C পর্যন্ত ঠাণ্ডা করার পরেও দ্রবণ তরল থাকে,—বরফে পরিণত হয় না। **জলের সঙ্গে চিনি, লবণ বা অন্য কোন কঠিন দ্রাব মিশাইবার ফলে জলীয় দ্রবণের হিমাংক (freezing point) নিম্নতর তাপাংকে নামিয়া যায়।**

100 ভাগ বরফের সঙ্গে 33 ভাগ সাধারণ লবণ মিশাইলে মিশ্রণের উষ্ণতা 0°C হইতে হ্রাস পায় এবং এরূপ মিশ্রণের উষ্ণতা প্রায় −23°C ; লবণ ও বরফের এরূপ মিশ্রণকে বলা হয় **হিম মিশ্রণ** (freezing mixture)। দুধের মধ্যে চিনি মিশাইয়া দুধের পাত্রটিকে হিম-মিশ্রণ দিয়া ঢাকিয়া দিলে দুধ জমিয়া 'আইসক্রীম' অর্থাৎ 'কুলপী বরফে' পরিণত হয়। খুব শীতের দেশে শীতকালে রাস্তাঘাটে বরফ জমিয়া যায়। সেই বরফের উপর লবণ ছড়াইয়া দিলে বরফ গলিয়া যায়। কারণ, বরফের সঙ্গে লবণ মিশিয়া জলের হিমাংক নীচের দিকে নামাইয়া দেয় বলিয়া বরফ গলিয়া তরল হইয়া যায়। 100 ভাগ বরফের সঙ্গে 143 ভাগ সোদক ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত করিলে মিশ্রণের তাপাংক −55°C তাপাংকে নামিয়া যায়।

জলীয় দ্রবণের হিমাংক জলের অর্থাৎ দ্রাবকের চেয়ে নিম্নতর কিন্তু জলীয় দ্রবণের স্ফুটনাংক জল অর্থাৎ দ্রাবকের চেয়ে বেশী। পাতিত জলের স্ফুটনাংক 100°C কিন্তু লবণ জল অর্থাৎ লবণের জলীয় দ্রবণের স্ফুটনাংক পাতিত জলের চেয়ে বেশী। অর্থাৎ, **জলের সঙ্গে অন্য কোন পদার্থ দ্রবীভূত করিলে জলীয় দ্রবণের স্ফুটনাংক বৃদ্ধি পায়।**

ওয়াটার-বাথ বা জল-গাহ (Water-bath) : একটি বড় বাটির মধ্যে জল রাখিয়া সেই জলকে উত্তপ্ত করিবার পাত্রকে বলা হয় **ওয়াটার বাথ** (water-bath) বা **জল-গাহ**। বাটিতে শুধু জল ব্যবহার করিলে ওয়াটার বাথের তাপাংক 100°C অর্থাৎ জলের স্ফুটনাংকের বেশী বাড়ানো যায় না। কিন্তু জলের সঙ্গে লবণ বা ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড মিশাইলে ওয়াটার বাথে জলের স্ফুটনাংক বৃদ্ধি করা যায়, এবং এরূপ ওয়াটার-বাথের উপর বসাইয়া কোন পদার্থ জলের চেয়ে উচ্চতর স্ফুটনাংকের উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা যায়। ওজন হিসাবে 100 ভাগ জলে 50 ভাগ সোদক ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড

মিশাইলে দ্রবণের স্ফুটনাংক দাঁড়ায় 112°C, ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের পরিমাণ 200 ভাগ পর্যন্ত বৃদ্ধি করিলে দ্রবণের স্ফুটনাংক 158°C তাপাংকে বৃদ্ধি পায়।

পদার্থের দ্রবণীয়তা ও বিভিন্ন ধরনের দ্রবণ
(Solubility and Solutions)

জলের মধ্যে বিভিন্ন পরিমাণে কঠিন পদার্থ মিশাইয়া দ্রবণ তৈরী করা যায়। দ্রবণটির ঘনত্ব কি রকম তাহা জানা যায় জলের মধ্যে কতখানি কঠিন পদার্থ অর্থাৎ দ্রাবকের মধ্যে কত পরিমাণে দ্রাব দ্রবীভূত হইয়াছে তাহার হিসাব জানিয়া। দ্রাবের পরিমাণ দ্বারা দ্রবণের দ্রবণীয়তা নির্ধারণ করা যায়।

পরীক্ষা : একটি কাচের গ্লাসে জল লও। জলের মধ্যে আধ চামচ চিনি মিশাও এবং চামচ দিয়া চিনি নাড়িয়া দাও। চিনি জলের মধ্যে মিশিয়া নিশ্চিহ্ন হইয়া যাইবে এবং তাহার ফলে চিনি-জলের দ্রবণ তৈরী হইবে। এই দ্রবণের মধ্যে আরও আধ চামচ চিনি মিশাও। এ চিনিও জলে দ্রবীভূত হইয়া যাইবে। আধ-চামচ আধ-চামচ করিয়া আরও কয়েকবার চিনি মিশাও এবং দ্রবণটি চামচ দিয়া নাড়িয়া দাও। এইভাবে জলে চিনি মিশাইবার ফলে এমন একটি সময় আসিবে যখন চিনি আর জলের মধ্যে দ্রবীভূত হইবে না,—অমিশ্রিত কঠিন অবস্থায় গ্লাসের নীচে পড়িয়া যাইবে।

এই পরীক্ষা হইতে বোঝা যায় যে, জলের মধ্যে কঠিন পদার্থ মিশাইবার একটি সীমা আছে। এই সীমা পর্যন্ত পৌছাইবার পরে জল আর কঠিন পদার্থ গ্রহণ করিতে অর্থাৎ দ্রবীভূত করিতে পারে না।

অসংপৃক্ত দ্রবণ (Unsaturated solution) **: জলের মধ্যে অসম্পূর্ণ পরিমাণে কোন কঠিন পদার্থ মিশাইয়া দ্রবণ তৈরী করার পরে সেই দ্রবণে যদি আরও কঠিন পদার্থ দ্রবীভূত করা যায় তবে সেই দ্রবণকে বলা হয় অসংপৃক্ত দ্রবণ বা আনস্যাচুরেটেড সল্যুশন** অর্থাৎ, যে-দ্রবণ আরও দ্রাব গ্রহণ করিতে পারে তাহাকে বলা হয় অতৃপ্ত বা অসংপৃক্ত দ্রবণ। উপরের পরীক্ষায় প্রথম এক-চামচ বা দুই-চামচ চিনি মিশাইবার ফলে যে দ্রবণ তৈরী হয় তাহাই অসংপৃক্ত দ্রবণ। কারণ, এই দ্রবণে আরও চিনি দ্রবীভূত করা সম্ভব। অর্থাৎ,

দ্রাবক + অসম্পূর্ণ দ্রাব → অসংপৃক্ত দ্রবণ

সংপৃক্ত দ্রবণ (Saturated solution) : **কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায়** (temperature) **জলের মধ্যে সম্পূর্ণ পরিমাণে কঠিন পদার্থ মিশাইয়া দ্রবণ তৈরী করার পরে সেই দ্রবণে অতিরিক্ত কঠিন পদার্থ মিশাইবার চেষ্টা করিলে সেই কঠিন পদার্থ যখন অমিশ্রিত অবস্থায় দ্রবণের তলায় পড়িয়া যায় তখন সেই দ্রবণকে বলা হয় সংপৃক্ত দ্রবণ বা স্যাচুরেটেড সল্যুশন।** এইরূপ দ্রবণে জলের দ্রাব্য বা কঠিন পদার্থ গ্রহণের ক্ষমতা পূর্ণ হইয়া যায় এবং জল আর দ্রাব গ্রহণ করিতে পারে না। তাই, এরূপ দ্রবণকে তৃপ্ত বা সংপৃক্ত দ্রবণ বলা হয়।

উপরের পরীক্ষায় জল যখন আর চিনি গ্রহণ করিতে পারে না—জলের নীচে যখন চিনি অমিশ্রিত অবস্থায় পড়িয়া যাইতে আরম্ভ করে তখন তৈরী হয় চিনি-জলের সংপৃক্ত দ্রবণ। অর্থাৎ কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় :

দ্রাবক + পর্যাপ্ত দ্রাব → সংপৃক্ত দ্রবণ

সংপৃক্ত দ্রবণে দ্রাবক ও দ্রাবের মধ্যে একটি সাম্যভাব গড়িয়া উঠে। সংপৃক্ত দ্রবণের মধ্যে যতখানি অতিরিক্ত দ্রাব মিশানো যায় ঠিক ততখানি দ্রাব দ্রবণ হইতে বিচ্ছিন্ন হইয়া কঠিন অবস্থায় নীচে পড়িয়া যায়।

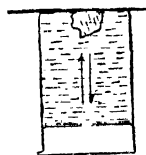
যদি সংপৃক্ত দ্রবণের মধ্যে জল ঢালা যায় তবে সেই সংপৃক্ত দ্রবণ আবার অসংপৃক্ত দ্রবণে পরিণত হয়। তার ফলে অতিরিক্ত জলের অনুপাতে দ্রবণের মধ্যে আরও দ্রাব মিশানো যায়।

দ্রবণ ও উষ্ণতা (Temperature and Solution) : দ্রবণের সংপৃক্তি (saturation) দ্রবণের উষ্ণতার উপরে নির্ভর করে। **সাধারণত দ্রবণের উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে সংপৃক্ত দ্রবণ অসংপৃক্ত দ্রবণে পরিণত হয় এবং দ্রবণ আরও দ্রাব গ্রহণ করিতে পারে। উষ্ণতার উপরে দ্রাবের দ্রবণীয়তা নির্ভর করে।** তাই, জল বা কোন দ্রাবকের সংপৃক্তির (saturation) মাত্রা দ্রবণের উষ্ণতা বা তাপাংকের (temperature) উপরে নির্ভরশীল।

পরীক্ষা : একটি বড় কাচের বীকারে জল লও এবং তার মধ্যে তুঁতে বা চিনি মিশাও এবং যতক্ষণ পর্যন্ত তুঁতে বা চিনি নীচে পড়িতে আরম্ভ না করিবে ততক্ষণ পর্যন্ত তুঁতে বা চিনি মিশাইয়া যাও। তুঁতে বা চিনি নীচে পড়িতে আরম্ভ করিলে দ্রবণটি ফিলটার কাগজে ছাঁকিয়া লও এবং এইভাবে সংপৃক্ত অর্থাৎ তৃপ্ত দ্রবণ তৈরী কর। একটি মিছরীর টুকরা সুতা দিয়া বাঁধিয়া চিনির সংপৃক্ত

দ্রবণের মধ্যে ঝুলাইয়া দাও। বেশ কিছুক্ষণ পরে দেখিবে যে, মিছরীর টুকরাটি আকারে বৃদ্ধি পাইবে।

সংপৃক্ত দ্রবণের মধ্যে মিছরীর টুকরা ঝুলাইয়া দিয়া যদি তার মধ্যে কিছু জল ঢালিয়া দেওয়া যায় তবে দেখা যাইবে কিছু পরিমাণ মিছরী গলিয়া গিয়া দ্রবণে মিশিয়া গিয়াছে, কিন্তু দ্রবণ হইতে চিনি বিচ্ছিন্ন হইয়া আর মিছরীর টুকরাটি গায়ে জমা হয় নাই। এরূপ অবস্থায় মিছরীর টুকরাটির ওজন কমিয়া যাইবে।

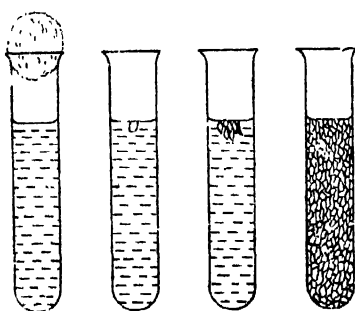
সুতরাং বলা যায়, **যে দ্রবণ আরও দ্রাব্য গ্রহণে সক্ষম তাহা অতৃপ্ত বা অসংপৃক্ত দ্রবণ এবং যে দ্রবণ আর দ্রাব গ্রহণে সক্ষম নয় তাহা তৃপ্ত বা সংপৃক্ত দ্রবণ।** অসংপৃক্ত দ্রবণে দ্রাব্য ও দ্রাবকের মধ্যে কোন সমতা সৃষ্টি হয় না, কিন্তু সংপৃক্ত দ্রবণের মধ্যে দ্রাব্য ও দ্রাবকের দেওয়া-নেওয়ার মধ্যে একটি সমতা গড়িয়া উঠে। যথা :

দ্রাব্য ও দ্রবণের সমতা

অসংপৃক্ত দ্রবণ + পর্যাপ্ত দ্রাব্য → সংপৃক্ত দ্রবণ

সংপৃক্ত দ্রবণ + জল → অসংপৃক্ত দ্রবণ

নির্দিষ্ট উষ্ণতায় সংপৃক্ত দ্রবণ : দ্রাব ⇌ দ্রাবক

অতিপৃক্ত দ্রবণ (Super-saturated solution) : স্বাভাবিক অবস্থায় সংপৃক্ত দ্রবণের মধ্যে আর অতিরিক্ত দ্রাব মিশানো সম্ভব নয়। কিন্তু **কোন বিশেষ কারণে তৃপ্তি বা সংপৃক্তির মাত্রা অতিক্রম করিয়া সম্পৃক্ত দ্রবণে যদি অতিরিক্ত দ্রাব মিশ্রিত থাকে তবে সেই দ্রবণকে অতিতৃপ্ত বা অতিপৃক্ত দ্রবণ বলা হয়।** যথা :

সংপৃক্ত দ্রবণ + দ্রাব → অতিপৃক্ত দ্রবণ

অতিপৃক্ত দ্রবণের পরীক্ষা

পরীক্ষা : একটি পরীক্ষা নলে কিছু **সোডিয়াম থায়ো-সালফেট** ($Na_2S_2O_3, 5H_2O$) দানা লও এবং তুলা দিয়া পরীক্ষা-নলের মুখটি আঁটিয়া দাও। পরীক্ষানলটি বুনসেন দীপে উত্তপ্ত কর। দানাদার সোডিয়াম থায়োসালফেট গলিয়া তরল থায়োসালফেটে পরিণত হইবে। থায়োসালফেট দানার মধ্যে জলকণা আছে।

এই জলকণায় সোডিয়াম থায়োসালফেট গলিয়া সোডিয়াম থায়োসালফেটের যে-দ্রবণটি তৈরী হইবে তাহাই অতিপৃক্ত বা অতিতৃপ্ত দ্রবণ।

থায়োসালফেটের এই অতিপৃক্ত দ্রবণের মধ্যে একদানা কঠিন সোডিয়াম থায়োসালফেট ফেলিয়া দাও। দেখিবে, কিছুক্ষণের মধ্যেই থায়োসালফেট দ্রবণটি আবার দানাদার কঠিন পদার্থরূপে জমিয়া উঠিবে।

অনেক সময় উচ্চ উষ্ণতায় স্বচ্ছ পরিস্রুত সংপৃক্ত দ্রবণ তৈরী করিয়া সেই দ্রবণকে শীতল করিয়া রাখিয়া দিলেও দ্রাব স্ফটিকাকারে বিচ্ছিন্ন হইয়া পড়ে না। এইরূপ দ্রবণকেও অতিপৃক্ত দ্রবণ বলা যায়। কিন্তু এরূপ অতিপৃক্ত দ্রবণ অস্থায়ী। এই দ্রবণের মধ্যে দ্রাবের অথবা অন্য কোন কঠিন পদার্থের একটি দানা ফেলিয়া দিলে অথবা কাচের শলা দিয়া ঐরূপ অতিপৃক্ত দ্রবণকে খোঁচাইয়া দিলে দ্রাব অতিপৃক্ত দ্রবণ হইতে বিচ্ছিন্ন হইয়া পড়ে এবং দ্রবণটি সংপৃক্ত দ্রবণে পরিণত হয়।

অসংপৃক্ত দ্রবণ, সংপৃক্ত দ্রবণ এবং অতিপৃক্ত দ্রবণের পরস্পরে সম্বন্ধ নির্ণয় করিয়া এখন বলা যায়:

(i) **যে-দ্রবণে অতিরিক্ত দ্রাব দ্রবীভূত করা যায় তাহা অসংপৃক্ত দ্রবণ।** যথা:

জল + অসম্পূর্ণ পরিমাণ কপার সালফেট → অসংপৃক্ত কপার সালফেট দ্রবণ

(ii) **যে-দ্রবণে অতিরিক্ত দ্রাব দ্রবীভূত করা যায় না তাহা সংপৃক্ত দ্রবণ।** যথা:

অসংপৃক্ত কপার সালফেট দ্রবণ + পর্যাপ্ত দ্রাব → সংপৃক্ত কপার সালফেট দ্রবণ

(ii) **যে-সংপৃক্ত দ্রবণে বিশেষ কোন কারণে সংপৃক্তির বা তৃপ্তির পরেও অতিরিক্ত দ্রাব দ্রবীভূত করা যায় তাহা অতিপৃক্ত দ্রবণ।** যথা:

সংপৃক্ত দ্রবণ + অতিরিক্ত দ্রাব → অতিপৃক্ত দ্রবণ

কলয়ডিয় দ্রবণ (Colloidal Solution)

সাধারণ দ্রবণের মধ্যে দ্রাব একেবারে নিশ্চিহ্ন হইয়া মিশিয়া যায় এবং দ্রাব সর্বত্র সমস্বত্ব ভাবে মিশিয়া থাকে। এরূপ দ্রবণটি দেখিতে হয় স্বচ্ছ ও পরিস্রুত। চিনি বা লবণের জলীয় দ্রবণে চিনি বা লবণের কোন চিহ্ন থাকে না এবং প্রতি দ্রবণ কণায় চিনি বা লবণ সমস্বত্ব ভাবে মিশ্রিত থাকে। কিন্তু আর একরকম দ্রবণ দেখা যায় যাহার মধ্যে দ্রাব নিশ্চিহ্নও

হইয়া যায় না; সমস্বত্ব ভাবেও মিশ্রিত থাকে না—দ্রাবের কণাগুলি দ্রবণের মধ্যে সূক্ষ্ম আকারে ছড়াইয়া পড়িয়া ভাসিতে থাকে এবং দ্রবণটি দেখিতে হয় অস্বচ্ছ। কিন্তু এরূপ দ্রবণে দ্রাবের কণাগুলি অদ্রবণীয় ভাসমান পদার্থ নয় বলিয়া ইহারা থিতাইয়া পড়ে না। এরূপ দ্রবণকে বলা হয় **কলয়ডিয় দ্রবণ**।

কলয়ডিয় দ্রবণ (Colloidal solution): যে-দ্রবণে দ্রাব দ্রাবকের মধ্যে সম্পূর্ণভাবে মিশ্রিত হইয়া সমস্বত্ব (homogeneous) দ্রবণ তৈরী করিতে পারে না, পক্ষান্তরে দ্রাব কণাগুলি অদ্রবণীয় ভাসমান পদার্থের ন্যায় থিতাইয়াও পড়ে না অর্থাৎ যে দ্রবণে দ্রাব-কণা অদ্রবণীয়ও নয় আবার সম্পূর্ণভাবে দ্রবণীয়ও নয় সেরূপ দ্রবণকে বলা হয় কলয়ডিয় দ্রবণ।

জলের মধ্যে লবণ মিশ্রিত করিয়া একটি সংপৃক্ত দ্রবণ প্রস্তুত করিলে লবণের একটি স্বচ্ছ দ্রবণ তৈরী হয়। এরূপ দ্রবণে দ্রাব অর্থাৎ জলের মধ্যে লবণ সমস্বত্ব ভাবে নিশ্চিহ্ন হইয়া মিশিয়া থাকে। এইরূপ দ্রবণকে সাধারণ প্রকৃত দ্রবণ (true solution) বলা হয়। পক্ষান্তরে, বালি বা খড়ি মাটির মত অদ্রবণীয় পদার্থ জলের সঙ্গে মিশ্রিত করিলে প্রথমে জল অস্বচ্ছ বা ঘোলা হইয়া যায়। কিন্তু এরূপ মিশ্রণ কিছুক্ষণ স্থির ভাবে রাখিয়া দিলে অদ্রবণীয় ভাসমান পদার্থ জলের তলায় থিতাইয়া পড়ে এবং উপরের জল স্বচ্ছ হইয়া যায়; কিন্তু জলের মধ্যে সাগু, বার্লি বা স্টার্চ মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে একরকম ঘন দ্রবণ তৈরী হয়। এরূপ দ্রবণ দেখিতে অস্বচ্ছ, কিন্তু এরূপ দ্রবণ দীর্ঘ সময় স্থির ভাবে রাখিয়া দিলেও অদ্রবণীয় ভাসমান পদার্থের ন্যায় সাগু, বার্লি বা স্টার্চের কণাগুলি পাত্রের তলায় থিতাইয়া পড়ে না এবং দ্রাবক অর্থাৎ জলও পুনরায় স্বচ্ছ হয় না। এরূপ দ্রবণকে বলা হয় কলয়ডিয় দ্রবণ। দুধও এরূপ কলয়ডিয় দ্রবণ। দুধের মধ্যে মাখন, চর্বি ও ক্যাসিন কণাগুলি এমন-ভাবে মিশ্রিত থাকে যে সাধারণ প্রকৃত দ্রবণের ন্যায় জলের সঙ্গে এই দ্রাব কণাগুলি সমস্বত্ব ভাবে মিশিয়া গিয়া দুধের দ্রবণকে স্বচ্ছ করিয়া তোলে না, পক্ষান্তরে অদ্রবণীয় ভাসমান পদার্থের ন্যায় মাখন, চর্বি ও ক্যাসিনের দ্রাব কণাগুলি কখনো তলায় থিতাইয়া পড়িয়া দ্রাবক অর্থাৎ জলকে স্বচ্ছ করিয়া তোলে না,—দুধ সর্বদা কলয়ডিয় দ্রবণরূপে অস্বচ্ছ দেখায়।

খড়িমাটি বা কাদার ন্যায় অদ্রবণীয় পদার্থ মিশ্রিত করিলে এরূপ ভাসমান কণাগুলি সাধারণ অনুবীক্ষণ যন্ত্র বা মাইক্রস্কোপে দেখা যায়। কিন্তু পূর্ণ

দ্রবণ বা কলয়ডিয় দ্রবণে মিশ্রিত দ্রাব কণাগুলি এরূপ যন্ত্রে দেখান যায় না। অবশ্য আধুনিক 'আলট্রা মাইক্রস্কোপ' যন্ত্রে কলয়ডিয় দ্রবণের কণাগুলি দেখা যায় কিন্তু প্রকৃত দ্রবণে সমসত্ত্ব ভাবে মিশ্রিত দ্রাব কণাগুলি দেখা যায় না। সাধারণ অদ্রবণীয় ভাসমান কণাগুলির ব্যাসের মাপ 10^{-4} cm ; কিন্তু প্রকৃত দ্রবণের মধ্যে কণাগুলি এক একটি বিছিন্ন অণুরূপে মিশ্রিত থাকে এবং গড়ে এরূপ অণুর ব্যাসের মাপ 10^{-8} cm ; পক্ষান্তরে কলয়ডিয় দ্রবণে মিশ্রিত দ্রাব কণাগুলি একাধিক অণুর সমষ্টিরূপে গঠিত থাকে বলিয়া ইহাদের ব্যাস পুর্ণ দ্রবণের দ্রাবের ব্যাসের চেয়ে দীর্ঘতর এবং কলয়ডিয় দ্রবণে দ্রাব কণার ব্যাস গড়ে 10^{-5} cm হইতে 10^{-7} cm ; অর্থাৎ অদ্রবণীয় ভাসমান কণার আকার সবচেয়ে বড়, এবং প্রকৃত দ্রবণে দ্রাব কণার আকার সবচেয়ে ছোট, পক্ষান্তরে কলয়ডিয় দ্রবণে দ্রাব কণাগুলি মাঝারী ধরনের এবং অপেক্ষাকৃত দীর্ঘকায়।

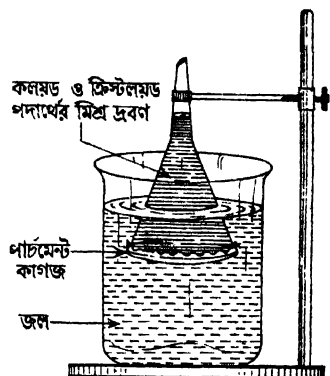
কলয়ডিয় দ্রবণের অতিরিক্ত উদাহরণ (Examples of Colloidal Solutions) : জলের মধ্যে গ্লু (Glue), জিলেটিন (gelatin), অ্যালবুমিন (albumin) মিশ্রিত করিলে কলয়ডিয় দ্রবণ তৈরী হয়। কুলপী বরফ, দুধ ও বরফ কণার কলয়ডিয় দ্রবণ। চা, কফি, আধুনিক শীতল-পানীয় (লিমোনেড বা সোডা নয়), কালি, সাবান, সাবান-গোলা-জল, ধুয়া (অঙ্গার কণা + বায়ু), কুয়াশা (বায়ু + বাষ্প-কণা), মেঘ (বায়ু + ঘন বাষ্প-কণা) ইত্যাদি কলয়ডিয় দ্রবণের উদাহরণ। এরূপ কলয়ডিয় দ্রবণে তরল বা গ্যাসীয় দ্রাবকের মধ্যে কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় দ্রাব কণাগুলি অসমসত্ত্বভাবে ভাসিতে থাকে বটে কিন্তু অদ্রবণীয় পদার্থের ন্যায় দীর্ঘ সময়ের ব্যবধানেও ইহারা থিতাইয়া পড়ে না।

সালফার, ফেরিক হাইড্রকসাইড, অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রকসাইড অনেক ক্ষেত্রে জলের মধ্যে কলয়ডিয় দ্রবণ তৈরী করে। জলের নিচে রাখিয়া বিচ্ছিন্ন সোনার তারে বিদ্যুৎপ্রবাহ চালাইয়া 'আর্ক' তৈরী করিলে সোনার কলয়ডিয় দ্রবণ বা গোল্ড-সল (Gold-sol) পাওয়া যায়।

ডায়ালাইসিস বা ঝিল্লী বিশ্লেষণ (Dialysis) : পার্চমেণ্ট কাগজ, কলয়ডিয়ন ফিলম্ বা চামড়ার ব্লাডার জাতীয় ঝিল্লী বা মেমব্রেন্সের মাধ্যমে স্ফটিকাকার (crystalloid) পদার্থের দ্রবণ হইতে কলয়ডিয় দ্রবণ (colloidal) পৃথক করার পদ্ধতিকে ঝিল্লী বিশ্লেষণ বা ডায়া-লাইসিস বলা হয়।

যে পদার্থ দ্রাবকরূপে জলে দ্রবীভূত হইয়া প্রকৃত দ্রবণ তৈরী করে তাহাকে সাধারণত **ক্রিস্টালয়েড** (crystalliod) এবং যে সমস্ত পদার্থ দ্রাবরূপে কলয়ডিয় দ্রবণ তৈরী করে তাহাকে **কলয়েড** (colloid) বলা হয়। বর্তমান ধারণা অনুযায়ী ক্রিস্টালয়েড বা কলয়েডের মধ্যে কোন মৌলিক পার্থক্য নাই—পার্থক্য শুধু কণার আকারে। ক্রিস্টালয়েড আণবিক আকারে দ্রবণের মধ্যে দ্রবীভূত থাকে, পক্ষান্তরে কলয়ডের কণা একাধিক অণুর সমষ্টিরূপে অপেক্ষাকৃত বৃহৎ আকারে দ্রবণের মধ্যে মিশ্রিত থাকে।

ফিলটার পেপার, পার্চমেণ্ট কাগজ, বা কলয়ডিয়ন ফিলম্ (perchment paper or colloidion film) অথবা প্রাণীদের ঝিল্লী বা ব্লাডার ক্রিস্টালয়েড পদার্থের দ্রবণ পরিস্রুত বা ফিলটার করিতে সক্ষম, পক্ষান্তরে কলয়ডিয় দ্রবণ এরূপ মাধ্যমে ফিলটার করা সম্ভব নয়।

পরীক্ষা (Expt.) : একটি লবণ-জলের সাধারণ দ্রবণ এবং জলের মধ্যে বার্লি জ্বাল দিয় বার্লির আরেকটি কলয়ডিয় দ্রবণ তৈরী কর। একটি বড় ফানেলের মুখ পার্চমেণ্ট কাগজ বা কলয়ডিয়ন ফিলম্ অথবা ঝিল্লী দ্বারা টান-টান করিয়া বাঁধিয়া দাও। এখন এই ফানেলের মধ্যে লবণ দ্রবণ ও বার্লির দ্রবণ ঢালো এবং মিশ্রিত দ্রবণপূর্ণ ফানেলটির বাঁধা মুখটি একটি জল-ভরা বীকারের মধ্যে ধারক ও স্ট্যাণ্ডের সাহায্যে ডুবাইয়া দাও।

ডায়ালাইসিস বা কলয়ড ও ক্রিস্টালয়েড পৃথককরণ

বেশ কিছুক্ষণ এইভাবে রাখিবার পরে বীকার হইতে একটি পরীক্ষা-নলের মধ্যে অল্প দ্রবণ লও এবং ইহার মধ্যে সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ ও কয়েক ফোঁটা নাইট্রিক অ্যাসিড ঢাল। পরীক্ষা নলে সিলভার ক্লোরাইডের সাদা অধঃক্ষেপ পড়িবে। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে ফানেল হইতে লবণ দ্রবণ পরিস্রুত হইয়া বীকারের জলে মিশ্রিত হইয়াছে এবং এই লবণ-দ্রবণ সিলভার নাইট্রেটের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া অদ্রবণীয় সাদা সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত করিয়াছে।

আরেকটি পরীক্ষা-নলে বীকার হইতে অল্প দ্রবণ লইয়া তার মধ্যে কয়েক ফোঁটা আয়োডিন দ্রবণ ফেল। কিন্তু পরীক্ষা নলের দ্রবণ নীল হইবে না। এখন ফানেল হইতে অল্প দ্রবণ লইয়া তাহার মধ্যে কয়েক ফোঁটা আয়োডিন ঢাল। দেখিবে পরীক্ষা-নলের

তরল নীল হইয়া গিয়াছে। কারণ, আয়োডিনের সংস্পর্শে বার্লি অথবা অন্যান্য স্টার্চ জাতীয় পদার্থ নীলবর্ণ ধারণ করে।

এই পরীক্ষায় প্রমাণিত হয় যে ডায়ালিসিসের ফলে বার্লির কলয়ডিয় দ্রবণ ফানেলে রহিয়া গিয়াছে, পক্ষান্তরে লবণের ন্যায় ক্রিস্টালয়েড পদার্থের দ্রবণ পার্চমেণ্ট বা অনুরূপ কাগজ বা পর্দার ভিতর দিয়া পরিস্রুত হইয়া বীকারের জলে মিশিয়া গিয়াছে।

ফেরিক হাইড্রকসাইড, অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রকসাইড জাতীয় কলয়ডিয় দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে দ্রাব জমিয়া যায় (coagulation) এবং তার ফলে এরূপ মিশ্রণ ফিলটার করা সম্ভব হয়। অনেক কলয়ডিয় দ্রবণে তড়িৎবিশ্লেষ্য বা ইলেকট্রোলাইট জাতীয় পদার্থ মিশ্রিত করিলে কলয়ডিয় পদার্থ জমিয়া যায় এবং এরূপ মিশ্রণের পরিস্রাবণ সম্ভব হয়।

কলয়ডিয় দ্রবণের দ্রাবক জল হইলে এরূপ দ্রবণকে **'সল'** (sol) বলা হয়। যথা : গোল্ড সল (Gold-sol) ; কিন্তু এরূপ 'সল' জেলীর ন্যায় হইলে তাহাকে **'জেল'** (jel) বলা হয়। আয়রন হাইড্রকসাইড ও অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রকসাইড এরূপ 'জিলেটিনাস' জাতীয় কলয়ডিয় দ্রবণ।

অবদ্রব বা ইমালসন (Emulsion) : কলয়ডিয় দ্রবণের দ্রাব ও দ্রাবক উভয়েই তরল হইলে এরূপ কলয়ডিয় দ্রবণকে সাধারণত ইমালসন বা অবদ্রব বলা হয়। দুধ, কফি, কডলিভার অয়েল, তেল-জল মিশ্রণ এরূপ ইমালসন।

প্রকৃত ও কলয়ডিয় দ্রবণের তুলনা
(Comparison between True and Colloidal Solution)

প্রকৃত দ্রবণ (True Solution)	**কলয়ডিয় দ্রবণ** (Colloidial Soln)
1. প্রকৃত দ্রবণ তৈরী হয় ক্রিস্টালয়েড জাতীয় দ্রাবের মিশ্রণে। যথা : লবণ দ্রবণ।	1. কলয়ডিয় দ্রবণ তৈরী হয় কলয়ড-জাতীয় দ্রাবের মিশ্রণে। যথা : দুধ বা কফি।
2. প্রকৃত দ্রবণে দ্রাবের কণাগুলি একক অণু বা আয়নরূপে (molecule or ion) দ্রাবকে মিশ্রিত থাকে।	2. কলয়ডিয় দ্রবণে দ্রাব-কণাগুলি একাধিক অণুর সমষ্টিরূপে দ্রাবকে মিশ্রিত থাকে।

প্রকৃত দ্রবণ (True Solution)	**কলয়ডিয় দ্রবণ** (Collodial Soln.)
3. প্রকৃত দ্রবণে দ্রাব-কণার ব্যাস গড়ে 10^{-8} cm ; অর্থাৎ প্রকৃত দ্রবণে দ্রাব কণার আকার কলয়ড কণার চেয়ে অপেক্ষাকৃত ক্ষুদ্র।	3. কলয়ডিয় দ্রবণে দ্রাব-কণার ব্যাস 10^{-5} cm হইতে 10^{-7} cm পর্যন্ত হইতে পারে অর্থাৎ কলয়ডিয় কণার আকার প্রকৃত দ্রবণের দ্রাবকণার চেয়ে অপেক্ষাকৃত বড়।
4. প্রকৃত দ্রবণ সমসত্ব এবং সেজন্য স্বচ্ছ। এরূপ দ্রবণে মিশ্রিত দ্রাবকণা কোনরূপ মাইক্রস্কোপ দ্বারা দেখা যায় না।	4. কলয়ডিয় দ্রবণ অসমসত্ব এবং সেজন্য অস্বচ্ছ। এরূপ দ্রবণে মিশ্রিত দ্রাবকণা সাধারণ মাইক্রস্কোপ দ্বারা দেখা যায় না, কিন্তু আলট্রা-মাইক্র-স্কোপে দেখা যায়।
5. প্রকৃত দ্রবণে দ্রাব-কণা চঞ্চলভাবে ছুটাছুটি করে না।	5. কলয়ডিয় দ্রবণে দ্রাব-কণা দ্রবণের মধ্যে চঞ্চল ভাবে ছুটাছুটি করে।
6. প্রকৃত দ্রবণের দ্রাব-কণা কোন ভাবেই জমান বা 'কোঅ্যাগুলেট' (coagulate) করা যায় না।	6. অনেক ক্ষেত্রে কলয়ডিয় দ্রবণ উত্তপ্ত করিয়া অথবা ইহার মধ্যে তড়িৎ বিশ্লেষ্য বা ইলেকট্রোলাইট জাতীয় পদার্থ মিশাইয়া কলয়ড কণা জমান বা কোঅ্যাগুলেট (coagulate) করা যায়।
7. ফিলটার কাগজ, চামড়ার পার্চমেণ্ট কাগজ বা কলয়ডিয়ন ফিলমে প্রকৃত দ্রবণ ফিলটার করা যায়।	7. কলয়ডিয় দ্রবণ ফিলটার কাগজের মধ্য দিয়া চুয়াইতে পারে কিন্তু পার্চ-মেণ্ট কাগজ, চামড়ার ঝিল্লী, কলয়-ডিয়ন ফিল্‌ম দ্বারা ফিলটার করা সম্ভব নয়।

বিভিন্ন পদার্থের দ্রবণীয়তা
(Solubility of different Substances)

দ্রবণের মধ্যে কত পরিমাণ দ্রাব মিশ্রিত থাকে তাহা নির্ধারণ করিয়া দ্রবণের **গাঢ়তা** (concentration) তথা **দ্রবণীয়তা** স্থির করা হয়।

দ্রবণীয়তা (Solubility) : কোন নির্দিষ্ট তাপাংকে 100 গ্রাম দ্রাবকে কোন দ্রবণীয় পদার্থ মিশ্রিত করিয়া একটি সংপৃক্ত দ্রবণ তৈরী করা হইলে দ্রাবকে যত গ্রাম দ্রাব মিশ্রিত করা হয়

সেই ওজন সংখ্যাকে উক্ত তাপাংকে সেই পদার্থটির দ্রবণীয়তা বা সলিউবিলিটি বলা হয়। স্বাভাবিক উষ্ণতায় 100 গ্রাম জল 36 গ্রাম লবণ দ্রবীভূত করিয়া সংপৃক্ত দ্রবণ তৈরী করে। সুতরাং স্বাভাবিক উষ্ণতায় লবণের দ্রবণীয়তা হইবে 36। বিভিন্ন কঠিন পদার্থের দ্রবণীয়তা বিভিন্ন রূপ। আবার দ্রাবক যদি বিভিন্ন হয় তবে কঠিন পদার্থের দ্রবণীয়তাও বিভিন্ন হয়। জলের বদলে যদি অ্যামোনিয়া, হাইড্রোজেন পারক্সাইড, ইথার, বেঞ্জিন বা স্পিরিট দ্রাবকরূপে ব্যবহার করা হয়, তবে দ্রাবের দ্রবণীয়তাও বিভিন্ন হয়। সুতরাং **কোন পদার্থের দ্রবণীয়তা—(i) দ্রাবের ধর্ম, (ii) দ্রাবকের ধর্ম এবং (iii) দ্রবণের উষ্ণতার উপরে নির্ভর করে।**

স্বাভাবিক তাপাঙ্কে দ্রবণীয়তা নির্ণয়ের পরীক্ষা

Determination of solubility at room temperature

পরীক্ষা : একটি জল-ভরা বীকারে লবণ মিশাও ও লবণের দ্রবণটি কাচের শলা দিয়া নাড়িতে থাক। যতক্ষণ পর্যন্ত লবণ-কণা অদ্রবীভূত অবস্থায় বীকারের তলায় থিতাইয়া না পড়িবে ততক্ষণ পর্যন্ত লবণ মিশাইতে থাক এবং এইভাবে লবণের একটি সংপৃক্ত দ্রবণ তৈরী কর। এই সংপৃক্ত দ্রবণটি ফিলটার কাগজে ছাঁকিয়া লও।

একটি শুষ্ক পোরসেলিনের বাটি অর্থাৎ খর্পর লও এবং ওজন কর। পোরসেলিনের বাটিতে কয়েক c.c. লবণের সংপৃক্ত দ্রবণ ঢাল। পুনরায় লবণ জলসহ বাটির ওজন লও। এখন ত্রিপদের উপরে তার-জালে রাখিয়া অথবা 'ওয়াটার বাথে' বসাইয়া বুনসেন দীপের সাহায্যে দ্রবণ ধীরে ধীরে বাষ্পীভূত কর। জল সম্পূর্ণরূপে বাষ্পীভূত হইয়া যাইবার পরে বাটিতে অবশেষরূপে পড়িয়া থাকিবে শুধু লবণের দানা। শুষ্ক লবণদানা সহ বাটিটি **শোষকাধার** তথা **ডেসিকেটারে** (Desiccator) রাখিয়া ঠাণ্ডা করিয়া লও এবং লবণের শুষ্ক দানাসহ বাটিটি পুনরায় ওজন গণনা কর :

খালি বাটির ওজন $= W_1$ গ্রাম

বাটি + দ্রবণে (অর্থাৎ জল + লবণ) ওজন $= W_2$ গ্রাম

বাটি + লবণের ওজন $= W_3$

সুতরাং, জলের ওজন $= (W_2 - W_3)$ গ্রাম

এবং লবণের ওজন $= (W_3 - W_1)$ গ্রাম

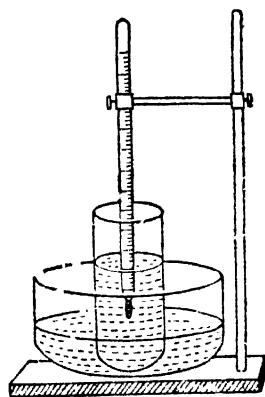
অর্থাৎ $(W_2 - W_3)$ গ্রাম জলে $(W_3 - W_1)$ গ্রাম লবণ দ্রবীভূত হইয়াছে। সুতরাং, 100 গ্রাম জলে লবণ দ্রবীভূত হইবে :

$$\frac{(W_3 - W_1)}{(W_2 - W_3)} \times 100 \text{ গ্রাম}$$

স্বাভাবিক উষ্ণতায় অর্থাৎ রসায়নাগারের উষ্ণতায় ইহাই লবণের দ্রবণীয়তা এবং লবণের এই দ্রবণীয়তা প্রায় 36 গ্রামের সমান।

রসায়নাগারের স্বাভাবিক তাপাংকের ঊর্ধ্বে ও নিম্ন তাপাংকে দ্রবণীয়তা নির্ণয়

(Determination of solubility above and below laboratory or room temperature)

পরীক্ষা আরম্ভ করার আগে পাঁচটি শুষ্ক ও পরিচ্ছন্ন পোরসেলিন বেসিন বা খর্পর ওজন করিয়া রাখ। এখন একটি বীকারে জল লইয়া তাহার মধ্যে একটি থার্মোমিটার ঝুলাইয়া দাও। [এমন থার্মোমিটার লও যাহার তাপাংক শূন্য ডিগ্রীর (0°C) নিচেও মাপা যায়]; বীকারের জল 80°C তাপাংকে গরম কর। এই গরম জলে একদিকে পটাসিয়াম নাইট্রেট বা নাইটার মিশাইতে থাক এবং অন্যদিকে দ্রবণটি কাচের দণ্ড দ্বারা আলোড়িত কর। পর্যাপ্ত নাইটার মিশাইবার পরে যখন অদ্রবীভূত অবস্থায় অতিরিক্ত নাইটার বীকারে তলায় থিতাইয়া পড়িতে আরম্ভ করিবে তখন ইহার সংপৃক্ত দ্রবণ তৈরী করিবে। এখন বীকারে তলা হইতে বুনসেন দীপ সরাইয়া দাও।

স্বাভাবিক তাপাংকের ঊর্ধ্বে ও নিম্নে দ্রবণীয়তা নির্ণয়ের পরীক্ষা

দ্রবণটি যখন স্থির হইবে তখন বীকারের উপরিভাগ হইতে 10 c.c. দ্রবণ পিপেটের সাহায্যে তুলিয়া লও এবং সঙ্গে সঙ্গে থার্মোমিটার দেখিয়া দ্রবণের তাপাংক লক্ষ্য কর। মনে কর, এই তাপাংক 70°C ; 70°C তাপাংকে প্রাপ্ত 10 c. c. সংপৃক্ত দ্রবণ এক নম্বর বেসিনে রাখ।

নাইটারের দ্রবণ-ভরা বীকারটি এখন একটি ঠাণ্ডা জল ভরা বাটির মধ্যে রাখ। এরূপ অবস্থায় দ্রবণের তাপাংক হ্রাস পাইতে আরম্ভ করিবে। দ্রবণে ঝুলন্ত থার্মোমিটারের সংকেত অনুযায়ী দ্রবণের তাপাংক 50°C পৌছিলে আবার 10 c.c. দ্রবণ লইয়া দুই নম্বর বেসিনে রাখ।

বীকারের দ্রবণ এখন রসায়নাগারের স্বাভাবিক তাপাংক পর্যন্ত শীতল কর এবং মনে কর ইহা 35°C ; এই তাপাংকে 10 c.c দ্রবণ লইয়া তিন নম্বর বেসিনে রাখ।

এখন জলভরা বাটিতে বরফ মিশাইয়া দ্রবণের তাপাংক রসায়নাগারের স্বাভাবিক তাপাংকের নিচে নামাও। সেই দ্রবণের তাপাংক 20°C চিহ্নে পৌঁছিল তখনই 10 c.c দ্রবণ লইয়া চার নম্বর বেসিনে রাখ।

দ্রবণ ভরা বীকারটি ইহার পরে হিমমিশ্রণ অর্থাৎ লবণ মিশ্রিত বরফ ভরা একটি পাত্রের মধ্যে বসাও। থার্মোমিটারের দিকে লক্ষ্য রাখ এবং দ্রবণের তাপাংক যেই 10°C নির্দেশ করিবে তখনই 10 c.c দ্রবণ লইয়া পাঁচ নম্বর বেসিনে রাখ।

নাইটার দ্রবণ ক্রমাগত ঠাণ্ডা করার সময় লক্ষ্য করিবে যে দ্রবণ যত শীতল হইবে নাইটারের দ্রবণীয়তা তত হ্রাস পাইবে এবং বীকারের তলায় ধীরে ধীরে অতিরিক্ত নাইটার থিতাইয়া পড়িতে আরম্ভ করিবে। প্রতি ক্ষেত্রে তাই দ্রবণের উপরিভাগ হইতে পিপেটের সাহায্যে 10 c c. করিয়া দ্রবণ সংগ্রহ করিতে হইবে।

বিভিন্ন তাপাংকে 10 c.c. করিয়া দ্রবণ সংগ্রহ করার পরে একটি একটি করিয়া দ্রবণসহ বেসিন ওজন কর এবং প্রথমে ওয়াটার বাথের উপরে বসাইয়া ও পরে ডেসিকেটারে রাখিয়া দ্রবণ বাষ্পায়িত করিয়া শুষ্ক নাইটারে পরিণত কর। শুষ্ক নাইটারসহ বেসিন পাঁচটি পুনরায় পর পর ওজন কর।

এখন দ্রবণীয়তা পরীক্ষার গণনা পদ্ধিত অনুযায়ী প্রতিটি তাপাংকে প্রাপ্ত দ্রবণের দ্রবণীয়তা নির্ণয় কর। [গণনা 252 পৃষ্ঠায় দ্রষ্টব্য]

এইভাবে রসায়নাগারের স্বাভাবিক তাপাংকে এবং উর্ধ্ব ও নিম্ন তাপাংকে নাইটারের অথবা অন্য কোন দ্রবণীয় পদার্থের দ্রবণীয়তা নির্ণয় করা সম্ভব হইবে।

দ্রবণীয়তার উপরে তাপের প্রভাব এবং দ্রবণীয়তা রেখা

(Effect of heat on Solubility and Solubility Curves.)

কঠিন পদার্থের দ্রবণীয়তা বা দ্রাব্যতা তথা সলিউবিলিটি দ্রবণের তাপাংকের উপরে নির্ভর করে। স্বাভাবিক তাপাংকে 100 গ্রাম জলে যত গ্রাম কপার সালফেট বা পটাসিয়াম নাইট্রেট দ্রবীভূত হয়, দ্রবণের তাপাংক বৃদ্ধি করিলে তাপাংক বৃদ্ধির মাত্রার সঙ্গে কপার সালফেট বা পটাসিয়াম নাইট্রেট অর্থাৎ দ্রাবের দ্রবণীয়তার মাত্রা বৃদ্ধি পায়। উচ্চ তাপাংকে সংপৃক্ত দ্রবণ শীতল করিলে কঠিন পদার্থের দ্রবণীয়তা হ্রাস পায়। সাধারণত দেখা যায় যে তাপাংক বৃদ্ধি

করিলে দ্রবণীয় কঠিন পদার্থের দ্রবণীয়তা বৃদ্ধি পায়। পক্ষান্তরে তাপাংক হ্রাস করিলে দ্রবণীয়তা হ্রাস পায়। অবশ্য সোডিয়াম সালফেটের ন্যায় দ্রবণীয় কঠিন পদার্থের ক্ষেত্রে তাপাংক বৃদ্ধির সঙ্গে প্রথম পর্যায়ে দ্রবণীয়তা বৃদ্ধি পায় কিন্তু তাপাংক বৃদ্ধির দ্বিতীয় পর্যায়ে দ্রবণীয়তা হ্রাস পায়।

দ্রবণীয়তা রেখা (Solubility Curves) : কোন পদার্থের দ্রবণ তৈরীর তাপাংক অনুভূমিক অক্ষ এবং দ্রবণীয়তাকে উলম্ব অক্ষরূপে নির্দিষ্ট করিয়া বিভিন্ন তাপাংকে প্রাপ্ত দ্রবণীয়তার সংখ্যাগুলি একটি গ্রাফ কাগজে (graph paper) চিহ্নিত ও পরস্পরে সংযুক্ত করিয়া যদি কোন রেখা বা গ্রাফ অংকিত করা যায় তাহা হইলে সেই রেখা বা গ্রাফকে দ্রবণীয়তা-রেখা বা 'সলিউবিলিটি কার্ভ' বলা হয়।

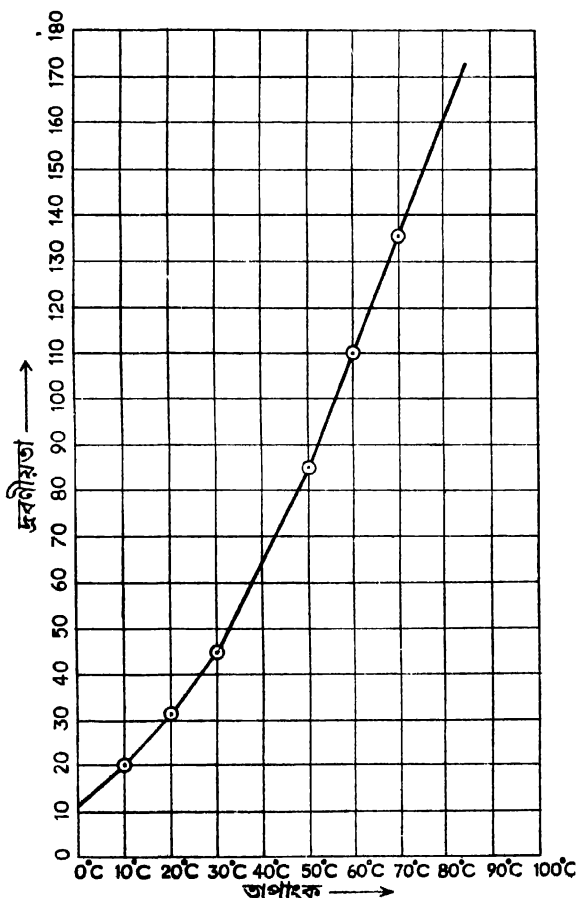
দ্রবণীয়তা-রেখা অংকন (Drawing of solubility curve) **:** বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায় যে বিভিন্ন তাপাংকে পটাসিয়াম নাইট্রেটের বা নাইটারের দ্রবণীয়তা অনুরূপ :

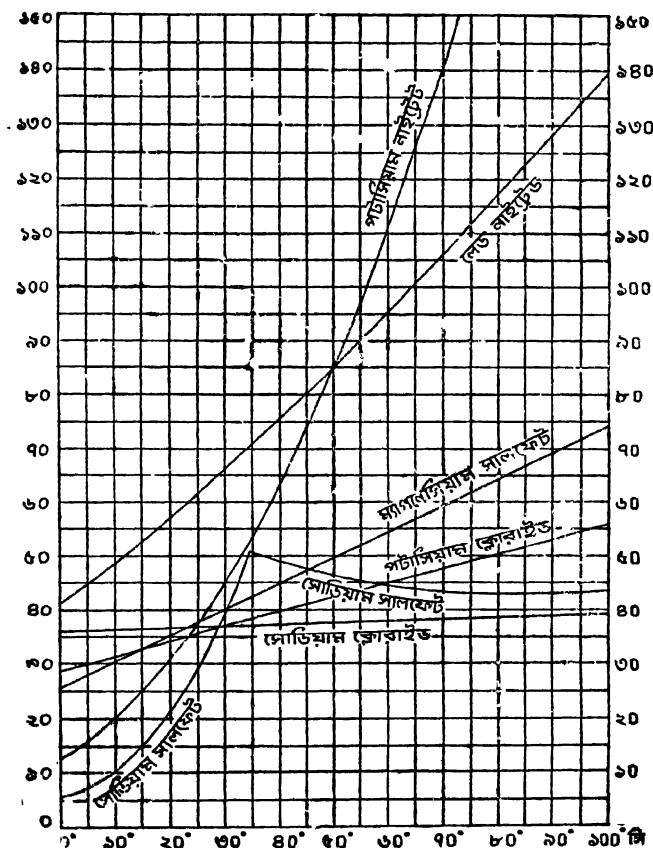
তাপাংক (Temp.)	দ্রবণীয়তা (Solubility)	তাপাংক (Temp.)	দ্রবণীয়তা (Solubility)
10°C	21	50°C	85
20°C	32	60°C	110
30°C	45	70°C	138

এখন একটি গ্রাফ পেপার লও। ইহার অনুভূমিক অক্ষে দশ মাত্রা ব্যবধানে শূন্যাংক (0°C) হইতে 100°C পর্যন্ত তাপাংক চিহ্নিত কর এবং অনুরূপভাবে দশ মাত্রা ব্যবধানে উলম্ব অক্ষে দ্রবণীয়তার সংখ্যা চিহ্নিত কর। বাস্তব পরীক্ষার তথ্যানুযায়ী দেখা যায় যে 10°C তাপাংকে নাইটারের দ্রবণীয়তা 21 ; সুতরাং অনুভূমিক অক্ষের 10°C চিহ্ন হইতে গ্রাফ পেপারের রেখা ধরিয়া পেনসিল উপরের দিকে টানিয়া যাও (দাগ দিও না) এবং অনুরূপভাবে উলম্ব-অক্ষে 21 সংখ্যার চিহ্ন হইতে অনুভূমিক ভাবে গ্রাফ-পেপারের রেখা ধরিয়া টানিয়া যাও। এই দুইটি রেখা যেখানে কর্তিত হইবে সেই কর্তন-বিন্দুতে পেনসিল দ্বারা একটি বিন্দু চিহ্ন বসাও। এইভাবে অন্যান্য তাপাংক ও তাহার অনুবর্তী দ্রবণীয়তা সংখ্যাগুলি গ্রাফ কাগজের যে যে স্থানে পরস্পরকে কাটাকাটি

করে সেই স্থানগুলিতে বিন্দু চিহ্ন বসাও। এই বিন্দু-চিহ্নগুলিকে এখন পরস্পরের সঙ্গে সংযুক্ত কর।

তাপাংক ও দ্রবণীয়তা রেখার কর্তিত স্থানে চিহ্নিত বিন্দুগুলির পারস্পারিক সংযোজনে যে রেখাটির সৃষ্টি হয় তাহাই নাইটারের দ্রবণীয়তা-রেখা বা 'সলিউ-বিলিটি কার্ভ'।

নাইটার বা পটাসিয়াম নাইট্রেটের দ্রবণীয়তা-রেখা

একবার এরূপ সলিউবিলিটি কার্ভ অংকিত করা সম্ভব হইলে বাস্তব পরীক্ষা না করিয়া কোন্ তাপাংকে কোন্ পদার্থের দ্রবণীয়তা কত তাহা এরূপ দ্রবণীয়তা রেখার সাহায্যে নির্দেশ করা যায়। উপরে নাইটারের দ্রবণীয়তা-রেখা অংকনের পদ্ধতি দেখান হইল।

নীচে সোডিয়াম ক্লোরাইড, সোডিয়াম সালফেট, পটাসিয়াম ক্লোরাইড, ম্যাগনেসিয়াম সালফেট, লেড নাইট্রেট, পটাসিয়াম নাইট্রেট ইত্যাদির দ্রবণীয়তা কার্ভ বা রেখা একত্রে দেওয়া হইল।

দ্রবণীয়তা-রেখার উপযোগিতা (Utility of solubility curves) :

(i) বাস্তব পরীক্ষা না করিয়াও কোন্ তাপাংকে কোন্ দ্রবণীয় পদার্থের দ্রবণীয়তা বা সলিউবিলিটি কত দ্রবণীয়তা রেখা দেখিয়া তাহা নির্ণয় করা সম্ভব। উপরের দ্রবণীয়তা-রেখা দেখিয়া বলা যায় যে 50°C তাপাংকে সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণীয়তা 37, 100°C-এ 38 ; অনুরূপভাবে বলা

যায় যে 40°C তাপাংকে লেড নাইট্রেটের দ্রবণীয়তা 75, 80°C ইহার দ্রবণীয়তা 117.

(ii) বিভিন্ন দ্রবণীয় পদার্থের দ্রবণীয়তা-রেখার পারস্পরিক গতি তুলনা করিয়া একই তাপাংকে বিভিন্ন দ্রবণীয় পদার্থের দ্রবণীয়তা কত তাহা অর্থাৎ বিভিন্ন পদার্থের দ্রবণীয়তার তুলনামূলক মাত্রা নির্ণয় করা যায়। উপরের দ্রবণীয়তা রেখা নিরীক্ষণ করিয়া দেখা যায় যে 100° তাপাংকে সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণীয়তা 39, পটাসিয়াম ক্লোরাইডের 56, ম্যাগনেসিয়াম সাল-ফেটের 74, লেড নাইট্রেটের 140, পটাসিয়াম নাইট্রেটের 246 ; এরূপ তুলনা মূলক পর্যবেক্ষণে জানা যায় কোন্ পদার্থ জলে কত বেশি বা কম পরিমাণে দ্রবণীয়।

(iii) উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে দ্রবণীয়তার গতি বা মাত্রা কিভাবে বৃদ্ধি পায় দ্রবণীয়তা-রেখা দেখিয়া তাহাও বলা যায়। পূর্ববর্তী দ্রবণীয়তা-রেখা দেখিয়া বোঝা যায় যে তাপাংক বৃদ্ধির সঙ্গে লবণের দ্রবণীয়তা বৃদ্ধি পায় ধীরে ধীরে, লেড নাইট্রেটের দ্রুত মাত্রায় এবং নাইট্রেটের দ্রবণীয়তা তাপাংক বৃদ্ধির সঙ্গে অতি মাত্রায় বৃদ্ধি পায়। কিন্তু সোডিয়াম সালফেটের ক্ষেত্রে প্রায় 30°C পর্যন্ত দ্রবণীয়তা প্রায় 50 মাত্রা পর্যন্ত বৃদ্ধি পায় এবং তারপরে তাপাংক বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে দ্রবণীয়তা হ্রাস পায় এবং 70°C তাপাংকের পরে দ্রবণীয়তা 44 অংকে প্রায় স্থির থাকে।

(iv) উচ্চতর তাপাংকে সংপৃক্ত দ্রবণ নিম্নতর তাপাংকে শীতল করিলে কোন্ তাপাংকে কত পরিমাণে দ্রাব বা কঠিন পদার্থ বিচ্ছিন্ন হইয়া থিতাইয়া পড়িবে দ্রবণীয়তা-রেখা পর্যবেক্ষণে তাহাও নির্দেশ করা যায়। 60°C তাপাংকে পটাসিয়াম নাইট্রেটের দ্রবণীয়তা 110 এবং 30°C তাপাংকে 45 ; সুতরাং 70°C তাপাংকে সংপৃক্ত 100 c.c পটাসিয়াম নাইটারের দ্রবণ 30°C তাপাংকে শীতল করিলে (110 – 45) অর্থাৎ 65 গ্রাম নাইটার পাত্রের তলায় অদ্রবীভূত অবস্থায় থিতাইয়া পড়িবে।

(v) দুইটি ভিন্ন দ্রবণ মিশ্রিত করিয়া বাষ্পীভূত করিলে অথবা ফুটাইয়া শীতল করিলে অপেক্ষাকৃত কম দ্রবণীয়তার পদার্থটি যে আগে স্ফটিকাকারে বিচ্ছিন্ন হইয়া থিতাইয়া পড়িবে তাহা দ্রবণীয়তার রেখা দেখিয়া নির্দেশ করা যায়। সোডিয়াম ক্লোরাইড ও লেড নাইট্রেট দ্রবণ সম-আয়তনে মিশ্রিত করিয়া বাষ্পীভূত অথবা ফুটাইয়া শীতল করিলে অপেক্ষাকৃত কম দ্রবণীয়তার জন্য সোডিয়াম ক্লোরাইডের সংপৃক্ত দ্রবণ আগে তৈরী হইবে এবং স্ফটিকাকারে ইহা মিশ্র দ্রবণ হইতে বিচ্ছিন্ন হইয়া পড়িবে।

দ্রাব ও দ্রাবকের পৃথক্করণ

(Separation of solute from solvent)

সাধারণ দ্রবণীয় কঠিন পদার্থের দ্রবণ জল ও কঠিন পদার্থের মিশ্রণ। এই মিশ্রণ হইতে জল ও কঠিন পদার্থ পৃথক করা যায় তিনভাবে :

(i) **বাষ্পীকরণ,** (ii) **স্ফটিকীকরণ** এবং (iii) **পাতন পন্থায়।**

বাষ্পীকরণ (Evaporation) : দ্রবণকে বাষ্পীভূত করিলে জল বাষ্প হইয়া যায় এবং পাত্রে পড়িয়া থাকে কঠিন পদার্থ তথা দ্রাব। এই পন্থায় শুধু কঠিন পদার্থ অর্থাৎ দ্রাব পুনরুদ্ধার করা যায়, জল বা তরল অর্থাৎ দ্রাবক সংগ্রহ করা যায় না। কারণ দ্রাবক বা জল বাষ্প হইয়া উড়িয়া যায়।

স্ফটিকীকরণ বা কেলাসন (Crystallisation) : উচ্চতাপে সম্পৃক্ত দ্রবণ তৈরী করিয়া সেই দ্রবণকে ঠাণ্ডা করিলে নিম্ন তাপাংকে কঠিন পদার্থের দ্রবণীয়তা কমিয়া যায় এবং কঠিন পদার্থ স্ফটিকের আকারে বিচ্ছিন্ন হইয়া দ্রবণের তলায় পড়িয়া যায়। এই পন্থায় কঠিন পদার্থ বা দ্রাব মাত্র আংশিকভাবে পৃথক করা যায়। কারণ, দ্রবণে কিছু পরিমাণে কঠিন পদার্থ মিশ্রিত থাকিয়া যায়। 60°C উষ্ণতায় পটাসিয়াম নাইট্রেটের দ্রবণীয়তা—110 এবং 30°C উষ্ণতায়—45 , সুতরাং 60°C উষ্ণতায় ইহার 100 c.c. সম্পৃক্ত দ্রবণ তৈরী করিয়া 30°C উষ্ণতায় ঠাণ্ডা করিলে (110 − 45) অর্থাৎ 65 গ্রাম পটাসিয়াম নাইট্রেটের প্রতি 100 গ্রাম দ্রবণ হইতে বিচ্ছিন্ন হইয়া স্ফটিক গঠন করিবে।

100°C তাপাংকে লেড নাইট্রেটের দ্রবণীয়তা 140 এবং 30°C তাপাংকে 66 ; সুতরাং 100 c.c. দ্রবণ 100°C তাপাংক হইতে 30°C তাপাংকে শীতল করিলে (140 − 66) গ্রাম বা 74 গ্রাম লেড নাইট্রেট স্ফটিকাকারে বিচ্ছিন্ন হইয়া পড়িবে।

আংশিক স্ফটিকীকরণ বা কেলাসন

(Fractional crystallisation)

বিভিন্ন দ্রবণীয়তার কঠিন মিশ্র পদার্থ যে পদ্ধতিতে পরস্পর হইতে বিশুদ্ধ অবস্থায় পৃথক্ করা যায় তাহাকে বলা হয় আংশিক কেলাসন বা স্ফটিকীকরণ।

দুইটি দ্রবণীয় কঠিন পদার্থের মিশ্র-দ্রবণ ফুটাইবার পরে শীতল করিয়া ইহাদের দ্রবণীয়তার পার্থক্যের সুযোগ গ্রহণ করিয়া প্রথমে স্বল্পতর দ্রবণীয়তার কঠিন পদার্থটিকে এবং পরে উচ্চতর দ্রবণীয়তার

অপর কঠিন পদার্থটিকে পরপর স্ফটিকাকারে দ্রবণ হইতে বিচ্ছিন্ন করিয়া পৃথক্ করার পদ্ধতিকে আংশিক কেলাসন বা আংশিক স্ফটিকীকরণ অথবা ফ্র্যাকশন্যাল ক্রিস্টেলাইজেশন (Fractional crystallisation) বলা হয়।

সম-পরিমাণে পটাসিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত করিয়া স্বল্পতম আয়তনের জলে দ্রবীভূত করিয়া ফুটাইবার পরে শীতল করিলে প্রথমে সোডিয়াম ক্লোরাইড স্ফটিকাকারে বিচ্ছিন্ন হইয়া পড়িবে, কারণ ইহার দ্রবণীয়তা পটাসিয়াম ক্লোরাইড হইতে কম।

সাধারণ লবণ ও পটাসিয়াম ক্লোরেট-সমপরিমাণে মিশ্রিত করিয়া ইহাদের মিশ্র দ্রবণ ফুটাইয়া শীতল করিলে কম দ্রবণীতার পটাসিয়াম ক্লোরেট প্রথমে স্ফটিকাকারে বিচ্ছিন্ন হইয়া যাইবে।

প্রথমে বিচ্ছিন্ন স্ফটিক ফিলটার করিয়া এবং এরূপ স্ফটিক অল্প জলে ধুইয়া শুকাইয়া লওয়া হয়। এরূপ স্ফটিক আবার জলে দ্রবীভূত করিয়া এবং সেই দ্রবণ ঘন করিয়া পুনরায় এরূপ কঠিন পদার্থের স্ফটিক তৈরী করা যায়। এইভাবে কয়েকবার পুনঃস্ফটিকীকরণ পদ্ধতিতে (re-crystallisation) বিশুদ্ধ স্ফটিক তৈরী করা সম্ভব।

পরীক্ষা (Expt) **:** ম-পরিমাণে লেড নাইট্রেট ও কপার সালফেট মিশ্রিত করিয়া স্বল্পতম আয়তনের জলে দ্রবীভূত করিয়া মিশ্র দ্রবণটি ফুটাইয়া পরে শীতল কর। কপার সালফেটের দ্রবণীয়তা লেড নাইট্রেটের তুলনায় কম। তাই শীতল হইলে প্রথমে কপার সালফেট দ্রবণ হইতে স্ফটিকাকারে বিচ্ছিন্ন হইবে। এই স্ফটিকগুলি ফিলটার করিয়া লও এবং অল্প জল দিয়া ইহাদের ধুইয়া লও। এই স্ফটিকগুলি জলে দ্রবীভূত করিয়া এবং পুনঃ কেলাসনের ব্যবস্থা করিয়া কপার সালফেটের বিশুদ্ধ স্ফটিক তৈরী কর।

অবশিষ্ট লেড নাইট্রেট দ্রবণ বাষ্পীভূত করিয়া ঘন কর এবং ঠাণ্ডায় রাখিয়া দাও। দ্রবণ শীতল হইলে লেড নাইট্রেটের স্ফটিক পড়িবে। এই স্ফটিকও পুনরায় জলে দ্রবীভূত ও পুনঃ কেলাসিত করিয়া বিশুদ্ধ স্ফটিকে পরিণত কর।

কপার সালফেটে যদি অদ্রবণীয় ও দ্রবণীয় ময়লা মিশ্রিত থাকে তাহা হইলে ইহার দ্রবণ তৈরী করিয়া প্রথমে এই দ্রবণ ফিলটার কাগজে পরিস্রুত করিয়া অদ্রবণীয় পদার্থ অপসারিত করা যায়। ফিলট্রেটে কপার সালফেটের সঙ্গে দ্রবণীয় ময়লাও মিশ্রিত থাকে। এই মিশ্রণ বাষ্পীভূত করিয়া ঘন অবস্থায় ঠাণ্ডায় রাখিয়া দেওয়া হয়। ময়লারূপ পদার্থটির দ্রবণীয়তা যদি কপার সালফেটের চেয়ে কম হয় তাহা হইলে সেই ময়লার স্ফটিক আগে স্ফটিকাকারে

দ্রবণ হইতে বিচ্ছিন্ন হইয়া যাইবে। পক্ষান্তরে কপার সালফেটের দ্রবণীয়তা যদি কম হয় তাহা হইলে প্রথমে কপার সালফেট স্ফটিকাকারে বিচ্ছিন্ন হইবে। এই স্ফটিক ফিলটার করিয়া, জলে ধুইয়া এবং পুনরায় ইহারি দ্রবণ তৈরী করিয়া ও পুনঃ কেলাসিত করিয়া কপার সালফেটের বিশুদ্ধ স্ফটিক তৈরী করা যায়।

পাতন (Distillation): কঠিন ও তরল অর্থাৎ দ্রাব ও দ্রাবক উভয় পদার্থকে পাতন-পন্থায় সম্পূর্ণরূপে পৃথক করিয়া সর্বাংশে সংগ্রহ করা যায়। পাতন-পাত্রে অবশেষরূপে পড়িয়া থাকে কঠিন পদার্থ অর্থাৎ দ্রাব এবং গ্রাহকে সংগৃহীত হয় জল অর্থাৎ দ্রাবক।

সোদক ও অনার্দ্র স্ফটিক ও স্ফটিক-জল
(Hydrated and Anhydrous Crystals and Water of Crystallisation).

দ্রবণীয় পদার্থের দ্রবণ বাষ্পায়িত করিয়া ঘন ও শীতল করিলে পাত্রের তলায় স্ফটিক বা কেলাস পড়ে। বিভিন্ন দ্রবণীয় পদার্থের এরূপ স্ফটিক পাওয়া যায় এবং ইহাদের কোন কোন স্ফটিকের অণুর সঙ্গে এক বা একাধিক জল-অণু সংযুক্ত থকে,—পক্ষান্তরে কোন কোন স্ফটিকের অণুর সঙ্গে একটি জল-অণুও সংযুক্ত থাকে না।

স্ফটিক বা কেলাস-জল (**Water of Crystallisation**): **কোন স্ফটিকের এক বা একাধিক মূল যৌগ অণুর সঙ্গে যে এক বা একাধিক জল-অণু যুক্ত হইয়া স্ফটিকটিকে বিশিষ্ট আকার দান করে সেই জল-অণুকে স্ফটিক-জল বা কেলাস-জল বা ওয়াটার অব ক্রিস্টেলাই-জেশন বলা হয়।**

কপার সালফেটের স্ফটিকে পাঁচটি জল-অণু বর্তমান। যথা : $CuSO_4,5H_2O$;

এই জল-অণু কপার সালফেটের বিশেষ আকার ও নীল বর্ণের জন্য দায়ী। উত্তপ্ত করিয়া কপার সালফেটের জল-অণু অপসারিত করিলে আকার ও বর্ণ হারাইয়া কপার সালফেট সাদা পাউডারে পরিণত হয়। স্ফটিক-জল সহ স্ফটিকাকার ফেরিক ক্লোরাইড দেখিতে হলুদ বর্ণের। কিন্তু স্ফটিক-জলহীন অবস্থায় ইহা কালো পাউডার মাত্র।

স্ফটিক বা কেলাসে জল-অণু থাকিতেও পারে নাও থাকিতে পারে। যে স্ফটিকে স্ফটিক-জল বা কেলাস জল থাকে তাকে বলা হয় **সোদক স্ফটিক বা সোদক কেলাস** (hydrated crystal)। পক্ষান্তরে, যে স্ফটিক বা কেলাসে স্ফটিক বা কেলাস জল থাকে না তাকে বলা হয় অনার্দ্র কেলাস বা অনার্দ্র স্ফটিক (anhydrous crystal)। যথা:

সোদক স্ফটিক (Hydrated crystals)	**অনার্দ্র স্ফটিক** (Anhydrous crystals)
কপার সালফেট—$CuSO_4, 5H_2O$	সোডিয়াম ক্লোরাইড—$NaCl$
সোডিয়াম সালফেট বা গ্লবার লবণ—$Na_2SO_4, 10H_2O$	পটাসিয়াম নাইট্রেট—KNO_3
ফেরাস সালফেট বা সবুজ ভিট্রিয়ল—$FeSO_4, 7H_2O$	পটাসিয়াম ক্লোরেট—$KClO_3$
সোডিয়াম কার্বনেট বা ওয়াশিং সোডা $Na_2CO_3, 10H_2O$	অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড—NH_4Cl
ম্যাগনেসিয়াম সালফেট বা ইপসম লবণ—$MgSO_4, 7H_2O$	
পটাস এলাম বা ফটকিরি—$K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$	

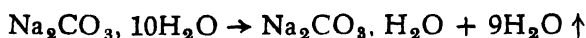
উদত্যাগী ও উদগ্রাহী স্ফটিক বা কেলাস

(Efflorescent and Deliquiscent crystals)

কোন কোন সোদক স্ফটিক বায়ুতে রাখিয়া দিলে স্বাভাবিক অবস্থায় স্ফটিক-জল ত্যাগ করে আবার কোন কোন অনার্দ্র স্ফটিক স্বাভাবিক অবস্থায় বায়ুমণ্ডল হইতে বাষ্প আহরণ করে।

উদত্যাগ বা ইফ্লোরিসেন্স (Efflorescence): উন্মুক্ত অবস্থায় বায়ুতে রাখিয়া দিলে স্বাভাবিক ভাবে আংশিক বা সম্পূর্ণ স্ফটিক-জল ত্যাগ করিয়া অনিয়তাকারে পরিণত হইবার যে ধর্ম কোন কোন সোদক স্ফটিকে দেখা যায় তাহাকে উদত্যাগ বা ইফ্লোরিসেন্স বলা হয় এবং এরূপ সোদক স্ফটিককে বলা হয় উদত্যাগী স্ফটিক বা ইফ্লোরিসেণ্ট ক্রিস্টল (Effloresent crystal)।

সোদক ওয়াশিং সোডার স্ফটিক উন্মুক্ত বায়ুতে রাখিয়া দিলে ইহার দশটি স্ফটিক-জলের অণুর মধ্যে স্বাভাবিক ভাবেই নয়টি জল-অণু বাষ্পায়িত হইয়া যায় এবং সোডার স্ফটিক আকার হারাইয়া পাউডারে পরিণত হয়। যথা :

$$Na_2CO_3, 10H_2O \rightarrow Na_2CO_3, H_2O + 9H_2O \uparrow$$

সবুজ ভিট্রিয়ল নামে পরিচিত $FeSO_4, 7H_2O$ যৌগটিও উদত্যাগী পদার্থ।

উদগ্রহণ বা ডেলিকুইসেন্স (Deliquiscence) **: উন্মুক্ত অবস্থায় বায়ুতে রাখিয়া দিলে বায়ুর বাষ্প আহরণ করিয়া সেই জলে দ্রবীভূত হইবার যে ধর্ম কোন কোন অনার্দ্র স্ফটিকে দেখা যায় তাহাকে বলা হয় উদগ্রহণ বা ডেলিকুইসেন্স এবং এরূপ অনার্দ্র স্ফটিককে বলা হয় উদত্যাগী স্ফটিক বা ডেলিকুইসেণ্ট ক্রিস্টল (Deliquiscent crystal)।**

অনার্দ্র ক্যাসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$), ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ($MgCl_2$), কষ্টিক সোডা ($NaOH$) ইত্যাদি উন্মুক্ত অবস্থায় বায়ুতে রাখিয়া দিলে বায়ুর বাষ্প আহরণ করিয়া সেই জলে ইহারা দ্রবীভূত হইয়া যায়। অনার্দ্র জিংক নাইট্রেট [$Zn(NO_3)_2$] এবং ফেরিক ক্লোরাইডও ($FeCl_3$) উদগ্রাহী পদার্থ।

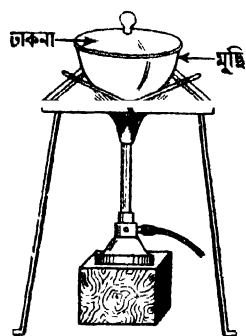
জলাকর্ষী পদার্থ (Hygroscopic substances) **:** কোন কোন অনার্দ্র পদার্থ উন্মুক্ত অবস্থায় বায়ুতে রাখিয়া দিলে বায়ুর বাষ্প আহরণ করে কিন্তু সেই জলে ইহারা দ্রবীভূত হয় না,—কঠিন অবস্থাতেই বর্তমান থাকে। এরূপ অনার্দ্র পদার্থকে জলাকর্ষী বা হাইগ্রোস্কোপিক পদার্থ বলা হয়। চুন (CaO), কালো কপার অক্সাইড (CuO) এবং অনার্দ্র ও অনিয়তকার কপার সালফেট ($CuSO_4$) এরূপ জলাকর্ষী বা হাইগ্রোস্কোপিক পদার্থ। বিগলিত (fused) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($CaCl_2$), ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও ফস্ফরাস পেন্টোকসাইড (P_2O_5) এরূপ জলাকর্ষী পদার্থ।

স্ফটিক জল বা কেলাস জল নির্ণয়
(Determination of water of crystallisation)

বিভিন্ন পদার্থের স্ফটিকের মধ্যে জল-অণু পাওয়া যায় বিভিন্ন পরিমাণে। স্ফটিক দানাকে উত্তপ্ত করিয়া শুষ্ক করিলেই স্ফটিক-জল বাষ্পায়িত করা যায় এবং এইভাবে কোন্ স্ফটিকে কত জল থাকে তাহা নির্ধারণ করা যায়। কিন্তু স্ফটিক শুষ্ক করার সময় তাপমাত্রা সম্বন্ধে সতর্কতা প্রয়োজন। উচ্চতাপে বিশুষ্ক

করিলে কোন কোন স্ফটিকের জল-অণুর সঙ্গে স্ফটিকের মূল পদার্থের রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং তাহার ফলে স্ফটিক অন্যরকম যৌগিক পদার্থে রূপান্তরিত হইয়া যায়। তুঁতে তথা কপার সালফেটকে ($CuSO_4,5H_2O$) 300°C তাপাংকে উত্তপ্ত করিলে তুঁতের রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে। কিন্তু ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের ($CaCl_2,6H_2O$) স্ফটিককে উচ্চতাপে উত্তপ্ত করিলেও তাহার মধ্যে কোন রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে না, শুধু স্ফটিকের জল-কণা বাষ্প হইয়া উড়িয়া যায়। তাই, কোন কোন স্ফটিকের ক্ষেত্রে স্ফটিক-জল নির্ণয় করার সময় বাষ্পীকরণের তাপমাত্রার প্রতি লক্ষ্য রাখিতে হয়।

স্ফটিকজলের শতাংশ (Percentage of water of crystallisation) ঃ—**100 গ্রাম স্ফটিকাকার পদার্থের মধ্যে যত গ্রাম জল থাকে তাহাকে স্ফটিক-জলের শতাংশ মাত্রা বলা হয়।**

সবুজ ভিট্রিয়ল বা (সোদক কপার সালফেটের) স্ফটিক-জল নির্ণয় (Determination of water of crystallisation of blue vitriol or hydrated copper sulphate) **:** ঢাকনাসহ একটি পোরসেলিন মুছি (crucible) লও এবং শুষ্ক করিয়া মুছিটিকে ওজন কর। মুছিতে কিছুটা পরিস্রুত কপার সালফেট ($CuSO_4,5H_2O$) লও এবং মুছিটি আবার ওজন কর। মুছির ঢাক্‌নাটির মুখ একটু ফাঁক করিয়া মুছিটি **বায়ু-উনানে** (air oven) বসাইয়া দাও। বায়ু উনানের তাপ প্রথমে 100°C পর্যন্ত উঠাও এবং পরে ধীরে ধীরে তাপমাত্রা 250°C পর্যন্ত বাড়াও। নীলবর্ণের কপার সালফেট স্ফটিক সম্পূর্ণরূপে সাদা পাউডারে পরিণত না হওয়া পর্যন্ত উত্তপ্ত করিয়া মুছিটি **বিশোষক** বা **ডেসিকেটারে** রাখিয়া ঠাণ্ডা কর। কপার সালফেটের সাদা পাউডার ও ঢাকনাসহ মুছিটি আবার ওজন কর। যতক্ষণ পর্যন্ত কপার সালফেটের ওজন স্থির না হইবে ততক্ষণ পর্যন্ত বার বার 250°C তাপাংকে কপার সালফেট উত্তপ্ত করিতে হইবে। কপার সালফেটের ওজন স্থির (constant) হওয়ার পরে অনুরূপ ভাবে স্ফটিক জলের শতাংশিক ওজন গণনা কর :

স্ফটিক জল নির্ণয়

মুছি ও ঢাকনার ওজন = W_1 গ্রাম

মুছি ও ঢাকনা + স্ফটিকের ওজন (স্ফটিক + জল) = W_2 গ্রাম

মুছি ও ঢাকনা + কপার সালফেটের বিশুষ্ক পাউডারের ওজন = W_3 গ্রাম

সুতরাং অনার্দ্র কপার সালফেট স্ফটিকের ওজন হইবে $= (W_2 - W_1)$ গ্রাম
কপার সালফেটের স্ফটিক-জলের ওজন হইবে $= (W_2 - W_3)$ গ্রাম

অর্থাৎ $(W_2 - W_1)$ গ্রাম স্ফটিকের মধ্যে আছে $(W_2 - W_3)$ গ্রাম জল-অণু ;

সুতরাং 100 গ্রাম কপার সালফেট স্ফটিকে থাকিবে :

$$= \frac{(W_2 - W_3)}{(W_2 - W_1)} \times 100 \text{ গ্রাম জল-অণু}$$

অর্থাৎ কপার সালফেটে স্ফটিক জলের শতাংশিক ওজন

$$= \frac{(W_2 - W_3)}{(W_2 - W_1)} \times 100 \text{ গ্রাম ।}$$

সবুজ ভিট্রিয়লের ফর্মুলা নির্ণয় (Determination of formula of blue vitriol) : সবুজ ভিট্রিয়লের ফর্মুলা – $CuSO_4, H_2O$; সুতরাং অনার্দ্র কপার সালফেট ও জলের অনুপাত :

$CuSO_4 : H_2O = 1 : n$: (n-যে-কোন সংখ্যা) পূর্বোক্ত পরীক্ষার ফল অনুযায়ী

$$\frac{\text{অনার্দ্র } CuSO_4\text{-এর ওজন}}{\text{স্ফটিক জলের ওজন}} = \frac{1 \times CuSO_4\text{-এর আণবিক ওজন}}{n \times \text{জলের আণবিক ওজন}}$$

অথবা $\frac{W_2 - W_1}{W_2 - W_3} = \frac{1 \times 159{\cdot}5}{n \times 18}$

বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায় সবুজ ভিট্রিয়লে বা সোদক কপার সালফেটে স্ফটিক-জলের শতাংশ 36·07 ;

$$\therefore \quad \frac{100 - 36{\cdot}07}{36{\cdot}07} = \frac{159{\cdot}5}{18n} \quad \therefore \quad n = 5$$

সুতরাং সবুজ ভিট্রিয়ল বা সোদক কপার সালফেটের ফর্মুলা— $CuSO_4, 5H_2O$

স্ফটিক জল নির্ণয়ের সাধারণ নিয়ম (General process of determination of water of crystallisation) :

যে সকল সোদক স্ফটিক উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিলেও তাহাদের মধ্যে কোন আণবিক পরিবর্তন তথা রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে না সেরূপ সোদক স্ফটিক শুষ্ক পোরসেলিন ক্রুসিবল বা মুছিতে রাখিয়া প্রত্যক্ষ বুনসেন দীপের সাহায্যে উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিয়া সম্পূর্ণরূপে অনার্দ্র বা শুষ্ক করা সম্ভব। বেরিয়াম ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ($BaCl_2, 2H_2O$; $CaCl_2, 6H_2O$) এরূপ সোদক স্ফটিক। কিন্তু ইপসম সল্ট বা সোদক ম্যাগনেসিয়াম সালফেট ($MgSO_4, 7H_2O$), সবুজ ভিট্রিয়ল বা সোদক ফেরাস সালফেট ($FeSO_4$,

$7H_2O$), সাদা ভিট্রিয়ল বা জিংক সালফেট ($ZnSO_4,7H_2O$), অ্যালুমিনিয়াম সালফেট [$Al_2(SO_4)_3,18H_2O$], জিপসাম বা সোদক কপার সালফেট ($CaSO_4, 2H_2O$), পটাস অ্যালাম [$K_2SO_4,Al_2(SO_4)_3,24H_2O$], অ্যামোনিয়াম অ্যালাম [$(NH_4)_2SO_4$, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$] ইত্যাদি উচ্চ তাপে উত্তপ্ত করিলে ইহাদের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে। জিপসাম 400°C তাপাংকে ভাঙ্গিয়া যায়, অ্যালুমিনিয়াম সালফেট উচ্চ তাপাংকে অ্যালুমিনাতে (Al_2O_3), পরিণত হয়, এবং অ্যালামেরও উচ্চতাপে আণবিক পরিবর্তন ঘটে।

তাই এরূপ সোদক স্ফটিক প্রথমে বায়ু উনানে (air oven) 100°C তাপাংক পর্যন্ত উত্তপ্ত করিতে হয় এবং ইহার পরে উনানের তাপাংক বাড়াইয়া 200°C বা অনুরূপ তাপাংকে (অর্থাৎ যে তাপাংকে সোদক স্ফটিকের মধ্যে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে তারচেয়ে প্রায় 50°C নিম্ন তাপাংকে) উত্তপ্ত করিয়া সোদক বা সার্দ্র স্ফটিককে অনার্দ্র স্ফটিকে (from hydrated to anhydrous state) পরিণত করিতে হয়।

যতক্ষণ পর্যন্ত অনার্দ্র যৌগের বা পদার্থের ওজন স্থির (constant) না হয় ততক্ষণ পর্যন্ত বারবার পদার্থটিকে উত্তপ্ত করিতে হয়।

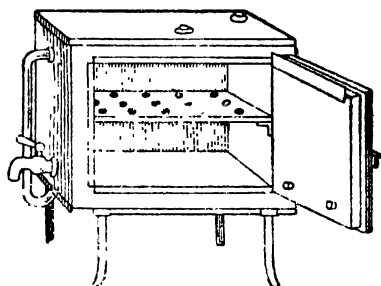
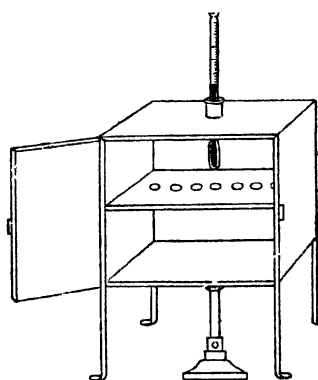
স্ফটিক-জলের শতাংশিক ওজন গণনার পদ্ধতি এবং সোদক স্ফটিকের ফর্মুলা নির্ণয়ের উপায় সবুজ ভিট্রিয়লের ক্ষেত্রে প্রয়োজ্য পদ্ধতির অনুরূপ।

সবুজ ভিট্রিয়ল বা সোদক ফেরাস সালফেটের ($FeSO_4$, $7H_2O$) স্ফটিক জলের শতাংশিক ওজন 45·85, গ্লবার সল্ট বা সোদক সোডিয়াম সালফেটের (Na_2SO_4, $10H_2O$) 55·90, সাদা ভিট্রিয়ল বা সোদক জিংক সালফেটের ($ZnSO_4$, $7H_2O$) 43·85, পটাস অ্যালাম বা ফটকিরির [K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$] 45·57 এবং সোদক ম্যাগনেসিয়াম সালফেট বা ইপসম সল্টের ($MgSO_4$, $7H_2O$) 51·22.

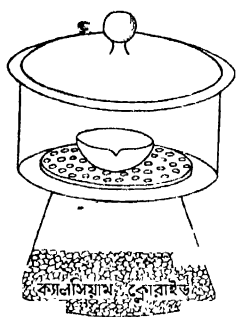
বিশোষণ বা শুষ্ককরণ (Drying)

রাসায়নিক পরীক্ষার জন্য কোন কোন পদার্থকে বিশুদ্ধ করার প্রয়োজন হয়। যে আর্দ্র বা উদগ্রাহী পদার্থকে 100°C তাপাংক বিশুষ্ক করা সম্ভব তাহাকে শুষ্ক করা হয় **বাষ্প উনানে** (steam oven) এবং যে সিক্ত পদার্থকে শুষ্ক করার জন্য 100°C তাপাংকের বেশী তাপমাত্রার প্রয়োজন তাকে শুষ্ক করা

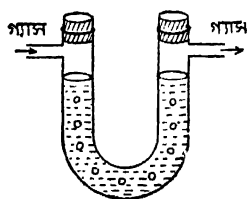
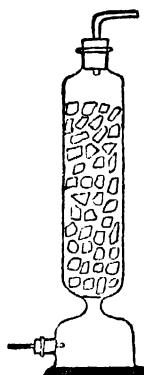
হয় **বায়ু উনানে** (air oven)। যে-পদার্থকে স্বাভাবিক তাপাংকেই শুষ্ক করা যায় তার জন্য ব্যবহার করা হয় **শোষকাধার** বা **ডেসিকেটার** (Desiccator)।

বাষ্প উনান বা স্টিম-ওভেন (Steam oven) : বাষ্প প্রবাহিত করিয়া যে উনানে তাপ সৃষ্টি করা হয় তাহা বাষ্প-উনান। বাষ্প-উনান একটি চৌকোনা ধাতব আধার—যাহার মধ্যে থাকে একতলা ও দোতলা দুইটি খোপ ও একটি দরজা। উনানের দেওয়াল ও ছাদ দুই প্রস্থ,—যার মাঝখানে থাকে কিছুটা ফাঁক এবং এই ফাঁকের মধ্যে আংশিকভাবে জল ভরা থাকে। উনানের নীচে বুনসেন দীপ জ্বালাইয়া দেওয়াল দুইটির ভিতরে রক্ষিত জল বাষ্পে পরিণত করিয়া উনানের ভিতরের তাপ 100°C তাপাংকে স্থির রাখা হয়। বাষ্প উনানের দেওয়াল ও ছাদের ফাঁকা পথে প্রবাহিত হইয়া উপরের চিমনী দিয়া বাহির হইয়া যায়। বাষ্প-উনানের দুইটি খোপে রাখিয়া এই ভাবে আর্দ্র পদার্থকে 100°C তাপাংকে শুষ্ক করা যায়।

বাষ্প-উনান বা স্টিম-ওভেন

বায়ু উনান বা অ্যায়ার ওভেন (Air oven) : উত্তপ্ত বায়ু প্রবাহিত করিয়া যে-উনানে তাপ সৃষ্টি করা হয় তাহা বায়ু-উনান। বায়ু-উনানের গঠনও বাষ্প উনানের মত। শুধু উনানের দেওয়াল ও ছাদ এক প্রস্থ। উনানের মাথায় একটি থার্মোমিটার লাগানো থাকে। উনানের নীচে বুনসেন দীপ জ্বালাইয়া উনানের ভিতরকার বায়ু উত্তপ্ত করা হয় এবং উনানের তাপাংক থার্মোমিটার দ্বারা মাপা যায়। বুনসেনের দীপশিখা নিয়ন্ত্রণ করিয়া উনানের তাপমাত্রা হ্রাস বা বৃদ্ধি করা যায়। 100°C তাপাংকের উর্ধ্বে যে সকল আর্দ্র-পদার্থকে শুষ্ক করা হয় তাহাদের জন্য বায়ু-উনান ব্যবহার করা হয়। যে পদার্থ শুষ্ক করা হয় তাহা রাখা হয় উনানের দোতালা খোপে।

বায়ু-উনান বা অ্যায়ার ওভেন

ডেসিকেটার বা শোষকাধার (Desiccator) : ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড বা বিগলিত (fused) শুষ্ক ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বা ফসফরাস পেণ্টক্সাইড (conc H_2SO_4, $CaCl_2$ (fused), P_2O_5) স্বাভাবিক তাপাংকেই জলীয় বাষ্প শোষণ করিতে পারে। তাই, একটি আবদ্ধ-পাত্রের মধ্যে এরূপ কোন বিশোষক পদার্থের সন্নিকটে কোন আর্দ্র পদার্থ রাখিয়া দিয়া ইহাকে বিশুষ্ক করা যায়। ঢাকনীর সরঞ্জামসহ পানের ডাবরের মত দুই খোপওয়ালা কাঁচের পাত্রকে বলা হয় শোষধাকার বা ডেসিকেটার।

ডেসিকেটার

নীচের খোপে ঘন **সালফিউরিক অ্যাসিড** বা **বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড** বা **শুষ্ক ফস্‌ফরাস পেণ্টক্‌সাইড** রাখা হয় এবং উপরের খোপে রাখা হয় আর্দ্র পদার্থ। ডেসিকেটারের ঢাকনি আঁটিয়া দিলে তলার অ্যাসিড বা ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড আর্দ্র পদার্থের বাষ্পকণা শোষণ করিয়া লয়।

গ্যাস বিশোষণ (Gas absorption) : গ্যাসের মধ্যে যদি জলীয় বাষ্প থাকে তবে তরল সালফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া বুদবুদের আকারে গ্যাস প্রবাহিত করিয়া শুকাইয়া লওয়া যায়। অথবা স্তম্ভের বা টাওয়ারের মত খাড়া

গ্যাস বিশোধক U-নল   গ্যাস-স্তম্ভ

কাঁচের চোঙে বিগলিত (fused) **ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড** বা **শুষ্ক ফসফরাস পেণ্টকসাইড** জাতীয় উদ্‌গ্রাহী পদার্থ ভরিয়া রাখিয়া তাহার ভিতর দিয়া গ্যাস প্রবাহিত করিলে গ্যাসের বাষ্প শোষিত হইয়া যায় এবং গ্যাস টাওয়ার হইতে শুষ্ক গ্যাস নির্গত হয়।

গণনা (Calculations)

(i) দ্রবণীয়তা (Solubility)

1. If 30 gms of distilled waters dissolve at a temperature of 60°C 6 gms of a substance to make a saturated solution. find the solubility of the substance at 60°C.

30 গ্রাম জল 60°C তাপাংকে 6 গ্রাম পদার্থ দ্বারা সংপৃক্ত হয়

∴ 100 ,, ,, ,, ,, $\frac{6 \times 100}{30} = 20$ গ্রাম ,, ,,

সুতরাং 60°C তাপাংকে পদার্থের দ্রবণীয়তা = 20

2. 75 gm solution of a substance saturated at 50°C, gives a residue of 25 gms on evaporation. What is the solubility of the solution at 50°C ?

বাষ্পায়িত জলের পরিমাণ = (75 − 25) = 50 গ্রাম

অর্থাৎ 50 গ্রাম জলে দ্রবীভূত ছিল 25 গ্রাম পদার্থ

∴ 100 ,, ,, ,, ,, $\frac{25 \times 100}{50} = 50$ গ্রাম পদার্থ

সুতরাং 50°C তাপাংকে পদার্থের দ্রবণীয়তা = 50

3. 50 c.c. of a saturated solution of the substances having sp. gr 1·2 at 40°C contain 10 grams of a substance. What is its solubility at 40°C ?

50 c.c. দ্রবণের ওজন = 50 × 1·2 = 60·0 গ্রাম

60 গ্রাম দ্রবণে আছে 10 গ্রাম পদার্থ

সুতরাং দ্রবণে জলের পরিমাণ = 60 − 10 = 50 গ্রাম

∴ 50 গ্রাম জলে দ্রবীভূত ছিল 10 গ্রাম পদার্থ

100 ,, ,, ,, ,, $\frac{10 \times 100}{50} = 20$ গ্রাম পদার্থ

সুতরাং 40°C তাপাংকে পদার্থের দ্রবণীয়তা = 20

4. How much salt will be required to prepare 375 gms of its solution at 40°C, when its solubility at the same temperature is 25 ?

100 গ্রাম জলে মিশ্রিত করা হয় 25 গ্রাম লবণ

সুতরাং সংপৃক্ত দ্রবণের ওজন $= (100 + 25)$ বা 125 গ্রাম

125 গ্রাম সংপৃক্ত দ্রবণ তৈরী করার জন্য প্রয়োজন 25 গ্রাম লবণ

$\therefore$ 375 „ „ „ „ „ $\frac{25 \times 375}{125} = 75$ গ্রাম লবণ

সুতরাং 40°C তাপাংকে 375 গ্রাম সংপৃক্ত দ্রবণের জন্য প্রয়োজন 75 গ্রাম লবণ।

5. 75 gms of water are saturated with a substance at 80°C and it is cooled to 30°C ; when some crystals of the substances are separated. Solubilities of the substance at 80°C and 30°C are 100 and 45 respectively. Find the amount of crystal formed.

100 গ্রাম জলে সংপৃক্ত দ্রবণ হইতে স্ফটিক বিচ্ছিন্ন হইবে

$(100 - 45) = 55$ গ্রাম

$\therefore$ 75 গ্রাম জলের সংপৃক্ত দ্রবণ হইতে বিচ্ছিন্ন হইবে

$= \frac{55 \times 75}{100} = 41{\cdot}25$ গ্রাম স্ফটিক

6. How much of a salt will be required to saturate 100 gms of its dilute solution at 40°C, if 20 gms of the solution leave residue of 4 gms. of salt ? Solubility of the salt at 40°C is 40.

20 গ্রাম লঘু দ্রবণে বর্তমান 4 গ্রাম লবণ

$\therefore$ 100 „ „ $\frac{4 \times 100}{20} = 20$ গ্রাম লবণ

সুতরাং 100 গ্রাম লঘু দ্রবণে জল আছে $(100 - 20) = 80$ গ্রাম

40°C তাপাংকে লবণের দ্রবণীয়তা 40

$\therefore$ 40°C তাপাংকে 100 গ্রাম জলকে সংপৃক্ত করার জন্য প্রয়োজন 40 গ্রাম লবণ

80 „ „ „ $\frac{40 \times 80}{100} = 32$ গ্রাম লবণ।

এই 80 গ্রাম জলে 20 গ্রাম লবণ বর্তমান আছে ;

সুতরাং $(32 - 20) = 12$ গ্রাম লবণ

অর্থাৎ অতিরিক্ত 12 গ্রাম লবণ যোগ করিলে দ্রবণ সংপৃক্ত হইবে।

(ii) স্ফটিক-জল ও স্ফটিকের ফর্মুলা নির্ণয় (Determination of water of crystallisation and formula of crystal)

1. Calculate the percentage of water of crystallisation of alum from the following results.

Wt. of empty crucible with lid = 11·6208 gm

Wt. of crucible with lid and alum = 14·0708 gm

Wt of crucible with lid + dry alum = 12·9543 gm

অ্যালামের ওজন = (14·0708 − 11·6208) = 2·4500 গ্রাম

স্ফটিক জলের ওজন = (14·0708 − 12·9543) গ্রাম = 1·1165 গ্রাম

∴ অ্যালামের স্ফটিক জলের শতাংশ

2·4500 গ্রাম অ্যালামে আছে 1·1165 জল

∴ 100 „ „ „ $\frac{1 \cdot 1165}{2 \cdot 4500} \times 100 = 45 \cdot 57$ গ্রাম

স্ফটিক জলের শতাংশ = 45·57

2. Copper sulphate crystals contain 36·06 p.c. of water of crystallisation. 10 gms of these crystals are heated to dehydration. What is the wt of dehydrated salt ?

100 গ্রাম স্ফটিকে আছে 36·06 গ্রাম জল

10 „ „ „ $\frac{36 \cdot 06 \times 10}{100} = 3 \cdot 606$ গ্রাম জল

∴ ওজন হ্রাস হইবে = (10 − 3·606) = 6·794 গ্রাম।

3. How many molecules of water of crystallisation are present in a molecule of white vitriol when 4·55 gm of the crystals yield 2 gm water on dehydration.

সাদা ভিট্রিয়লের ফর্মুলা = $ZnSO_4, 7H_2O$

ইহার আণবিক ওজন = 65 + 32 + 64 + 126 = 287

4·55 গ্রাম স্ফটিকে জল আছে 2 গ্রাম

∴ 287 „ „ „ „ $\frac{2 \times 287}{4 \cdot 55}$ গ্রাম = 126 (প্রায়) গ্রাম।

এক গ্রাম অণু জলের ওজন = 18 গ্রাম

∴ 126 গ্রাম জলে = $\frac{126}{18} = 7$ অণু জল বর্তমান।

4. 12·325 gms of Epsom salt lose 6·306 gm of water on dehydration. Calculate the formula of Epsom salt.

(Mg = 24 ; S = 32)

ইপসম সল্টের ফর্মুলা $= MgSO_4, nH_2O$

ইপসম সল্টে $MgSO_4$ এর পরিমাণ

$= 12·325 - 6·306 = 6·019$ গ্রাম

ইপসম সল্টে জলে পরিমাণ $= 6·309$ গ্রাম

$MgSO_4$-এর আণবিক ওজন $= 24 + 32 + 64 = 120$

H_2O-এর " " $= 2 + 16 = 18$

ইপসম সল্টে $MgSO_4$ ও H_2O অনুপাত

$$\frac{MgSO_4\text{-এর ওজন}}{\text{স্ফটিক জলের ওজন}} = \frac{1 \times MgSO_4\text{-এর আণবিক ওজন}}{n \times H_2O\text{-এর আণবিক ওজন}}$$

$$\frac{6·019}{6·306} = \frac{120}{n \times 18}$$

$$\therefore \quad n = \frac{120 \times 6·306}{6·019 \times 18} = 7$$

সুতরাং ইপসম সল্টের ফর্মুলা $= MgSO_4, 7H_2O$

5. Percentage of water of crystallisation in a hydrated Barium chloride is 14·73 ; (At. wt. of Ba = 137·36 ; Cl = 35·5)

এক অণু $BaCl_2$-এর ওজন $= (137·3 + 71) = 208·3$

এক অণু H_2O-এর ওজন $= (2 + 16) = 18$

মনে কর বেরিয়াম ক্লোরাইড স্ফটিকের ফর্মুলা $= BaCl_2nH_2O$

$$\frac{\text{শুষ্ক } BaCl_2 \text{ এর ওজন}}{\text{স্ফটিক জলের ওজন}} = \frac{1 \times BaCl_2\text{-এর আণবিক ওজন}}{n \times H_2O\text{-এর আণবিক ওজন}}$$

অথবা $$\frac{100 - 14·73}{14·73} = \frac{208·3}{n \times 18}$$

$$\therefore \quad n = 2$$

সুতরাং স্ফটিকের ফর্মুলা—$BaCl_2, 2H_2O$

Questions to be Discussed

1. What are the sources of natural water? What is mineral water? What is the difference between drinking water and distilled water?

2. Which one is suitable for washing purpose—hard or soft water? What is the cause of hardness of water? How would you soften hard water?

3. How would you prepare distilled water and drinking water?

4. What is solution? What do you understand by colloidal solution? Soda water, milk, smoke, fog, lemonade, ink and dil. hydrochloric acid—classify them into common solution and colloidal solution.

5. What is super-saturated solution? How would you prepare a super-saturated solution? How would you convert an unsaturated solution into saturated solution and vice-versa?

6. What is solubility? How would you determine the solubility of copper sulphate?

7. What is freezing mixture? How would you determine the solubility of potassium nitrate below 0°C?

8. What is water of crystallisation? How would you determine the water of crystallisation of copper sulphate? Define deliquiscence and efflorescence with example?

9. How would you prepare copper sulphate crystal? What happens when a copper sulphate crystal is suspended in a saturated solution of copper sulphate?

10. Solubilities of nitre at 70°C and 80°C are 180 and 80 respectively, How much crystal will be prepared at 80°C?

11. What is saturated solution? What are the conditions of preparation of saturated solution? How would you convert a saturated solution into an unsaturated solution and an unsaturated to a saturated soln?

12. What happens when Calcium chloride crystal, fused phosphorus pentoxide, a beaker-full sulphuric acid are left open in the air? Define deliquiscence and efflorescence. Give examples.

13. What do you understand by solution, saturated solution, super-saturated solution, colloidal solution and solubility of a substance? How solubility at room temperature is determined? Why temperature is mentioned?

14. What are the factors on which the solubility of a substance depends? In 100 grams of water ammonium chloride is dissolved separately at different temperatures and in different amounts as stated below: Temp. 0° 10° 20° 80° 40° 50° 60° 80° 100° Substance 28·4 82·8 87·8 41·4 46·2 50·6 55·0 64·0 72·8 grams. Draw the solubility curve and from it find out the solubility of ammonium chloride at 24° and 10°.

15. A sample of muddy water is provided. How would you find if the water contains any dissolved salt, and how would you obtain a sample of pure water from it ?

16. What is meant by crystal and crystallisation ? What is water of crystallisation ? How would you determine the percentage of water of crystallisation in a sample of copper sulphate crystals.

Copper sulphate crystals contain 36·07 per cent of water of crystallisation. What will be the loss of weight when 5 grams of such crystals are heated ?

17. How can you conclude whether washing soda is an efflorescent or deliquescent substance ? Define efflorescence and deliquescence State whether the following substance are efflorescent or deliquescent :

Calcium chloride, Sodium Sulphate, Zinc chloride and Caustic soda.

18. The residue of barium chloride after it had been heated till no further loss of weight occured weighed 0·858 gm. What is the formula of the crystallised salt ? (Ans, $BaCl_2, 2H_2O$)

19. How would you define the solubility of caustic soda ? A solution is made by dissolving 10 gms of caustic soda in 40 gms of water. What is the solubility of caustic soda in this solution ? [Ans. 20 gms]

20. How would you determine the solubility of lead nitrate at (i) 0°C, (ii) room temp, (iii) 70°C ?

If 5·1 gms of cane sugar saturate 2·5 gms of water at 20°C, what is its solubility at 20°C ? [Ans. 204]

21. Write short notes on (*a*) water of crystallisation (*b*) supersaturated solution. Give examples. (H. S. 1960, '64.)

22. Explain what is meant by water of crystallisation, Give examples with formulae of two compounds with water of crystallisation. What happens when blue crystals of copper sulphate are slowly heated.

What do you mean by efflorescence and deliquescence ? Mention one illustrative compound in each case, [H. S. 1960 (comp)]

23. Write notes on collidal solution. Give examples.

[*H. S. '60, '61, (Comp,) '62 & '63*]

24. Explain the following terms with reference to one example :

Solution, solvent, solute. Starting from a dilute solution of sodium chloride in water how would you prepare (*a*) pure water (*b*) pure crystal of sodium chloride ? Give experimental details. [H. S. 1961]

25. Write notes on : (*a*) hard water and soft water (*b*) solubility curves. [H. S. 1961]

26. Copper sulphate is soluble in water. Describe in detail the laboratory processes by which you would obtain pure crystals of the

compound from impure copper sulphate containing sand and other insoluble matters. How would you remove any soluble impurity if present ?

[H. S. 1961 (comp)]

27. What do you understand by (*a*) efflorescence (*b*) deliquescence ? Give examples in each case. How would you determine the percentage amount of water of crystallisation in alum ? Give experimental details.

28. Explain what is meant by water of crystallisation. 0·1 gm of a crystalline substance gave out on heating 0·0512 gm of water and became anhydrous. Given that the molecular weight of a crystalline substance is 246, calculate the number of molecules of water of crystallisation in the compound.

[ইংগিত : 0·1 গ্রাম পদার্থ হইতে পাওয়া যায় 0·0512 গ্রাম জল

∴ 246 ,, ,, ,, $\frac{\cdot 0512 \times 246}{\cdot 1}$ গ্রাম

জলের গ্রাম অণুর ওজন=18 গ্রাম

জল অণুর সংখ্যা= $\frac{\cdot 0512 \times 246}{\cdot 1} / 18 = 7$]

26. Explain (*a*) saturated solution, (*b*) solubility.

[H. S. 1962, 1968 (comp)]

80. Explain the term solubility. What is solubility curve ? Describe how you would determine the solubility of lead nitrate at room temperature.

50 gms of lead nitrate are dissolved in 75 c.c. of boiling water. What weight of the solute will crystallise out when the solution is cooled to 20°C ? (solubility of lead nitrate at 20°C is 54·4).

[ইংগিত : 20°C তাপাংকে দ্রবণীয়তা = 54·4

অর্থাৎ 100 গ্রাম জলে আছে 54·4 গ্রাম লেড নাইট্রেট

∴ 75 ,, ,, ,, $\frac{54 \cdot 4 \times 75}{100}$ গ্রাম ,,

=40·81 গ্রাম ,,

100°C তাপাংকে

75 c.c. দ্রবণে আছে 50 গ্রাম লেড নাইট্রেট

সুতরাং 20°C তাপাংকে শীতল করার ফলে লেড নাইট্রেট পাওয়া যাইবে=

(50 – 40·81) = 9·19 গ্রাম]

81. Plot the solubility curve of Magnesium sulphate from the data :

80 gm of sol contain	7·08 gms of the salt	at 10°C
25 ,, ,, ,,	6·54 ,, ,,	,, 20°C
20 ,, ,, ,,	7·62 ,, ,,	,, 80°C
10 ,, ,, ,,	8·18 ,, ,,	,, 40°C
50 ,, ,, ,,	16·75 ,, ,,	,, 50°C

[Pat, 1917]

82, The residue from 1 gm of crystallised barium-chloride after it had been heated till no further loss of weight occurred, weighed 0·858 gm, What is the formula of the crystallised salt ? [Ans : $BaCl_2$ $2H_2O$]

83. 100 gms of a saturated solution of a substance at 80°C contains 20 gms of the substance, If it is diluted with water to 200 gms, find how much of the substance must now be added to 100 gms of the diluted solution to saturate it again at that temp. [Ans : 12·5 gm]

84, 45 gms of the solution of a salt 50°C contein 10 gms of that salt, Find the amount of the salt that will be required to make it saturated at 50°C, if the solubility of the salt at that temperature is 55. [Ans. 9·25 gm]

85. 1·5 gms of hydrated calcium chloride when heated left behind 0·76 gms of the anhydrous salt. Calculate the percentage of water present and also the number of molecules of water of crystallisation in one molecule of the anhydrous salt. [Cal. 1921] (Ans : 49·84% ; 6 অণু)

জল ঃ রাসায়নিক পরিচয় ও গঠন

পরিচয় ঃ 1781 খ্রীষ্টাব্দে পর্যন্ত বিজ্ঞানীদের ধারণা ছিল যে, জল একটি মৌলিক পদার্থ। এই বৎসর বৃটিশ বিজ্ঞানী ক্যাভেনডিস সর্বপ্রথম কৃত্রিম উপায়ে জল প্রস্তুত করেন। তিনি একটি কাচের বাল্‌বের মধ্যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস মিশাইয়া সেই মিশ্র গ্যাসের মধ্যে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করেন। বিদ্যুৎ স্পর্শে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের গ্যাসীয় মিশ্রণ তরল পদার্থ জলে পরিণত হয়। ক্যাভেনডিস এই পরীক্ষাটি করেন বটে, কিন্তু হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসের যথার্থ পরিচয় তখনও বিজ্ঞানীদের ভাল করিয়া জানা ছিল না। ক্যাভেনডিসের পরীক্ষা ব্যাখ্যা করিয়া বিজ্ঞানী ল্যাভয়সিয়ার একথা প্রমাণ করেন যে, জল একটি যৌগিক পদার্থ এবং ইহা মৌলিক পদার্থ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগে গঠিত।

আয়তন (by volume) হিসাবে দুইভাগ হাইড্রোজেনের সঙ্গে এক ভাগ অক্সিজেন এবং তৌলিক হিসাবে (by weight) একভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সঙ্গে আটভাগ ওজনের অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া জল গঠন করে। জলকে রাসায়নিক অর্থে হাইড্রোজেনের অক্সাইড তথা **হাইড্রোজেন মনক্সাইড** বলা যায়।

জলের ফর্মুলা—H_2O এবং আণবিক ওজন $= 1 + 1 + 16 = 18$

জল একটি যৌগিক পদার্থ

(Water is a compound)

জল অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের সংযোগে গঠিত একটি যৌগিক পদার্থ (compound)। জল যে মিশ্র পদার্থ (mixture) নয়,—একটি যৌগিক পদার্থ, তাহার প্রমাণ :

(1) স্বাভাবিক অবস্থায় হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস; কিন্তু স্বাভাবিক অবস্থায় জল একটি তরল পদার্থ। জলের মধ্যে হাইড্রোজেন বা অক্সিজেনের আলাদা অস্তিত্বের কোন প্রমাণ পাওয়া যায় না। হাইড্রোজেন

ও অক্সিজেন দ্বারা গঠিত হইলেও জলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম ঐ গ্যাস দুইটি হইতে সম্পূর্ণ ভিন্ন।

(2) পৃথিবীর যে-কোন স্থান হইতে জল আনা হউক না কেন সেই জল বিশ্লেষণ করিলে সব সময় আয়তন হিসাবে এক আয়তন অক্সিজেনের সঙ্গে দুই আয়তন হাইড্রোজেন পাওয়া যাইবে এবং ওজন হিসাবে পাওয়া যাইবে আট ভাগ অক্সিজেনের সঙ্গে এক ভাগ হাইড্রোজেন। কারণ, জল একটি যৌগিক পদার্থ বা কম্পাউণ্ড এবং যৌগিক পদার্থরূপে জলের উপাদানের অর্থাৎ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত সব সময়ে সুনির্দিষ্ট থাকে।

(3) এক আয়তন অক্সিজেনের সঙ্গে দুই আয়তন পরিমাণ হাইড্রোজেন মিশাইয়া দিলেই জল তৈরী হয় না। বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ বলিয়া অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন একত্র মিশাইয়া দিলেই বায়ু তৈরী হয়। কিন্তু হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্রণে তড়িৎ-স্পর্শ না দেওয়া পর্যন্ত যৌগিক অনুরূপে জল গঠিত হয় না।

(4) দুই আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন অক্সিজেনের মিশ্রণে তড়িৎ-স্পর্শে জল তৈরী হওয়ার সময়ে তাপ সৃষ্টি হয়।

জলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম

ভৌত ধর্ম (Physical properties) : (i) জল বর্ণহীন, গন্ধহীন ও স্বাদহীন তরল পদার্থ। ঘন স্তরে জলের বর্ণ নীলাভ দেখায়। (ii) জল সাধারণ তাপাংকেও বাষ্পায়িত হয়। জল 100°C তাপাংকে ফুটিতে আরম্ভ করে এবং 0°C তাপাংকে কঠিন বরফে পরিণত হয়। (iii) জলের ঘনত্ব 1 ; 4°C তাপাংকে জলের ঘনত্ব সবচেয়ে বেশী। ইহার নিম্ন তাপাংকে জল স্ফীত হইতে আরম্ভ করে। বরফ তাই জলের চেয়ে হাল্‌কা। (iv) জল তাপ ও বিদ্যুতের সক্ষম পরিবাহক নয়। অ্যাসিড বা অন্য কোন ইলেকট্রোলাইট মিশ্রণে জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। (v) জল সর্বোৎকৃষ্ট দ্রাবক। ইহাতে সকল রকম অ্যাসিড, ক্ষার ও বহু রকম লবণ দ্রবীভূত করা যায়। (vi) সালফিউরিক অ্যাসিডের সঙ্গে জল মিশ্রিত করিলে তাপ সৃষ্টি হয়, পক্ষান্তরে জলের সঙ্গে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রণে দ্রবণ শীতল হইয়া যায়। (vii) সোদক স্ফটিকের বর্ণ ও আকার স্ফটিক-জলের উপরে নির্ভর করে। [জলের বিস্তৃত ভৌত-ধর্ম পূর্ব অধ্যায়ে বর্ণনা করা হইয়াছে।]

জলের রাসায়নিক ধর্ম

(Chemical properties of water)

(i) **বায়ুর ক্রিয়া** (Action of air) : জলের সঙ্গে বায়ুর কোন ক্রিয়া নাই,—শুধু স্বল্প পরিমাণে বায়ু জলে দ্রবীভূত হয়।

(ii) **তাপের প্রভাব** (Action of heat) : দুই আয়তন হাইড্রোজেন ও এক আয়তন অক্সিজেন মিশ্রণে তড়িৎ-স্পর্শ দিলে জল গঠনের যে বিক্রিয়া ঘটে তাহা তাপ-উদ্ভবক (exothermic) : যথা $2H_2+O_2=2H_2O+2\times58{,}000$ ক্যালোরী ; 100°C তাপাংকে জল বাষ্পে পরিণত হইতে আরম্ভ করে কিন্তু 2000°C তাপাংকে ইহা হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মৌলরূপে ভাঙ্গিয়া যায়। তড়িৎ স্পর্শ বা শ্বেত তপ্ত (white hot) প্ল্যাটিনামের সংস্পর্শেও ইহা মৌল উপাদানরূপে ভাঙ্গিয়া যায়।

(iii) **অ্যাসিডের ক্রিয়া** (Action of acids) : জলের সঙ্গে অ্যাসিডের কোন রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে না,—সকল অনুপাতে জলের সঙ্গে হাইড্রোক্লোরিক, নাইট্রিক ও সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করা যায়। এরূপ মিশ্রণে জলের মাত্রা বেশি হইলে অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণকে **লঘু অ্যাসিড** (dilute acid) এবং জলের মাত্রা খুব কম হইলে **ঘন অ্যাসিড** (concentrated acid)। সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে জল মিশাইলে এত তাপ সৃষ্টি হয় যে মিশ্রণ ফুটিতে আরম্ভ করে। তাই, সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে জল নয়,—জলের মধ্যে ক্ষীণধারায় সালফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত করা হয়। সালফিউরিক অ্যাসিডের জলীয় মিশ্রণ শীতল করিয়া H_2SO_4, H_2O ; $H_2SO_4, 2H_2O$, $H_2SO_4, 3H_2O$ এবং $H_2SO_4, 4H_2O$ স্ফটিক বিচ্ছিন্ন করিয়া সংগ্রহ করা যায়।

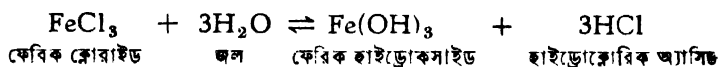
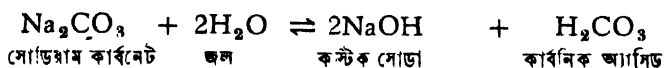
(iv) **ক্ষারের ক্রিয়া** (Action of alkali) : জলের উপরে ক্ষারের কোন বিক্রিয়া নাই,—ক্ষার জলের মধ্যে বিশেষভাবে দ্রবীভূত হয়। এরূপ ক্ষার দ্রবণ স্পর্শে পিচ্ছিল এবং কষ্টিক সোডা ও কষ্টিক পটাস দ্রবীভূত হইবার সময়ে তাপ সৃষ্টি হয়।

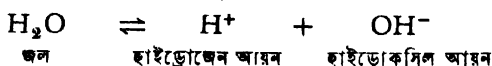
(v) **লবণের ক্রিয়া** (Action of salts) : সোডিয়াম, পটাসিয়াম ও অ্যামোনিয়াম অর্থাৎ ক্ষারধর্মী ধাতুর লবণ বা যৌগ জলের মধ্যে দ্রবণীয়, মারকিউরাস ও সিলভার ক্লোরাইড জাতীয় কয়েকটি ছাড়া সমস্ত ধাতুর ক্লোরাইড,

লেড, ক্যালসিয়াম ইত্যাদি কয়েকটি ধাতু ব্যতীত ধাতুর সমস্ত সালফেট লবণ এবং ধাতুর সমস্ত নাইট্রেট লবণ জলে দ্রবণীয়। ক্ষারীয় ধাতু ছাড়া সমস্ত ধাতুর কার্বনেট ও সালফাইড লবণ জলে অদ্রবণীয়।

কোন কোন ধাতব লবণ জলের সংস্পর্শে বিশ্লেষিত হইয়া যায়। এরূপ বিশ্লেষণকে বলা হয় আর্দ্র-বিশ্লেষণ (hydrolysis) [পূর্ণ বিবরণ তৃতীয় ভাগে দ্রষ্টব্য]। যথা :

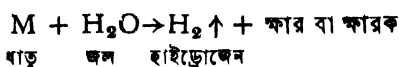
$$\underset{\text{সোডিয়াম কার্বনেট}}{Na_2CO_3} + \underset{\text{জল}}{2H_2O} \rightleftharpoons \underset{\text{কস্টিক সোডা}}{2NaOH} + \underset{\text{কার্বনিক অ্যাসিড}}{H_2CO_3}$$

$$\underset{\text{ফেরিক ক্লোরাইড}}{FeCl_3} + \underset{\text{জল}}{3H_2O} \rightleftharpoons \underset{\text{ফেরিক হাইড্রোকসাইড}}{Fe(OH)_3} + \underset{\text{হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড}}{3HCl}$$

(vi) **তড়িৎ-বিশ্লেষণে (Electrolysis) :** জল অত্যন্ত মৃদু তড়িৎ পরিবাহী বলিয়া বিশুদ্ধ অবস্থায় অতি সামান্য পরিমাণে জলের তড়িৎ-বিয়োজন (electrolytic dissociation) ঘটে। যথা :

$$\underset{\text{জল}}{H_2O} \rightleftharpoons \underset{\text{হাইড্রোজেন আয়ন}}{H^+} + \underset{\text{হাইড্রোকসিল আয়ন}}{OH^-}$$

কিন্তু জলের মধ্যে অ্যাসিড, ক্ষার বা লবণ অর্থাৎ কোন তড়িৎ-বিশ্লেষণ বা ইলেকট্রোলাইট (electrolyte) মিশ্রিত করিলে জলের দ্রুত তড়িৎ-বিশ্লেষণ ঘটান যায়। [তৃতীয় ভাগ পঠনের পরে অনুধাবন যোগ্য]

ধাতুর তড়িৎ-রসায়নিক সারি
পটাসিয়াম
সোডিয়াম
ক্যালসিয়াম
ম্যাগনেসিয়াম
জিংক
আয়রন
টিন, লেড
হাইড্রোজেন
টিন
কপার
মার্কারী
সিলভার
প্ল্যাটিনাম
গোল্ড

(vii) **ধাতুর বিক্রিয়া (Action of metals) :** ধাতুর তড়িৎ-রাসায়নিক সারিতে (Electro chemical series of metals) হাইড্রোজেনের উপরে যে সকল ধাতুর স্থান রহিয়াছে তাহারা জলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া জল অণু হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত অর্থাৎ অপসারিত করিতে পারে। যথা :

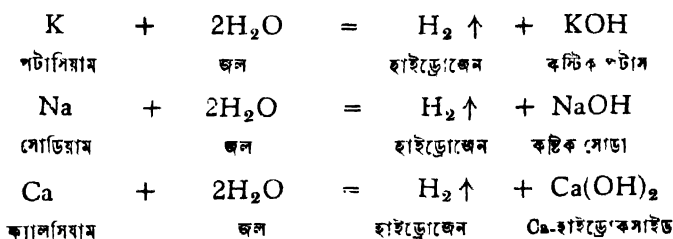
$$\underset{\text{ধাতু}}{M} + \underset{\text{জল}}{H_2O} \rightarrow \underset{\text{হাইড্রোজেন}}{H_2\uparrow} + \text{ক্ষার বা ক্ষারক}$$

কিন্তু ধাতুর স্থান সারির যত নিচের দিকে নামিতে থাকে, জলের উপরে ইহাদের বিক্রিয়া ঘটাইবার ক্ষমতা

তত হ্রাস পায়। [তৃতীয় ভাগ পাঠের পরে পুনঃপঠনের সময়ে অনুধাবন যোগ্য]

(ক) **স্বাভাবিক তাপাংকে** (At ordinary temp) : পটাসিয়াম জলের সংস্পর্শে এত দ্রুত বিক্রিয়া ঘটায় যে উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাস স্বতঃস্ফূর্তভাবে জ্বলিয়া উঠে। কিন্তু সোডিয়াম দ্রুত বিক্রিয়া ঘটাইলেও, এরূপ বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হাইড্রোজেন অপ্রজ্বলিত থাকে। ক্যালসিয়ামের বিক্রিয়া অপেক্ষাকৃত ধীরে ধীরে ঘটে। জলের সঙ্গে এরূপ ক্ষারীয় ধাতুর বিক্রিয়ায় স্বাভাবিক তাপাংকে হাইড্রোজেন ও ক্ষার তৈরী হয়। বিক্রিয়ার পরে দ্রবণে লাল লিটমাস কাগজ ভিজাইলে উৎপন্ন ক্ষারের সংস্পর্শে উহা নীল হইয়া যায়। যথা :

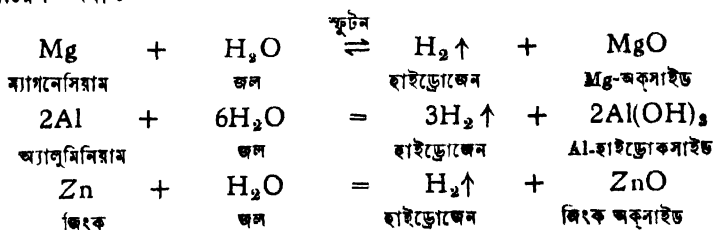
$$K + 2H_2O = H_2\uparrow + KOH$$
পটাসিয়াম জল হাইড্রোজেন কস্টিক পটাস

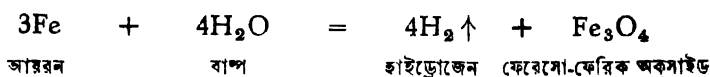
$$Na + 2H_2O = H_2\uparrow + NaOH$$
সোডিয়াম জল হাইড্রোজেন কষ্টিক সোডা

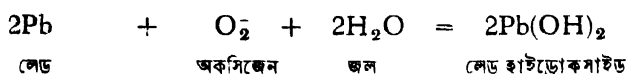
$$Ca + 2H_2O = H_2\uparrow + Ca(OH)_2$$
ক্যালসিয়াম জল হাইড্রোজেন Ca-হাইড্রোক্সাইড

(খ) **স্ফুটনাংকে** (At boiling point) : জলের সঙ্গে ম্যাগনেসিয়াম পাউডার উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় এবং ইহা ফুটাইলে দ্রুত গতিতে বিক্রিয়া ঘটে। অ্যালুমিনিয়াম পাউডার এবং জিংক পাউডার অথবা কপার মিশ্রিত জিংক বা জিংক-কপার-কাপল্ (Zinc-copper-couple) জলের সঙ্গে ফুটাইলে (boiling) হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। মার্কারী অর্থাৎ পারদের সঙ্গে মিশ্রিত করিয়া মার্কারী—ম্যাগনেসিয়াম বা মার্কারী—অ্যালুমিনিয়াম পারদ-সংকর বা অ্যামালগাম (amalgam) তৈরি করিলে এরূপ মিশ্র ধাতু স্বাভাবিক তাপাংকেই জল হইতে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিতে পারে। যথা :

$$Mg + H_2O \overset{\text{স্ফুটন}}{\rightleftharpoons} H_2\uparrow + MgO$$
ম্যাগনেসিয়াম জল হাইড্রোজেন Mg-অক্সাইড

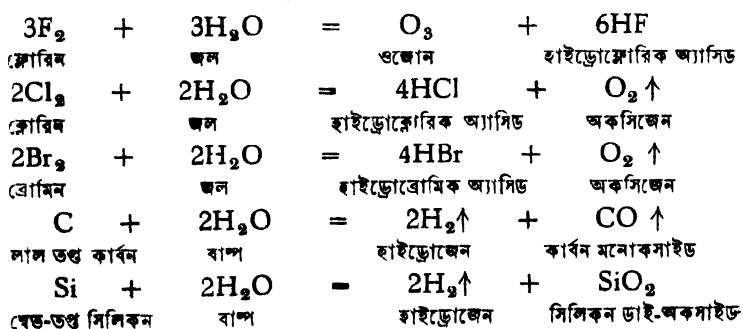
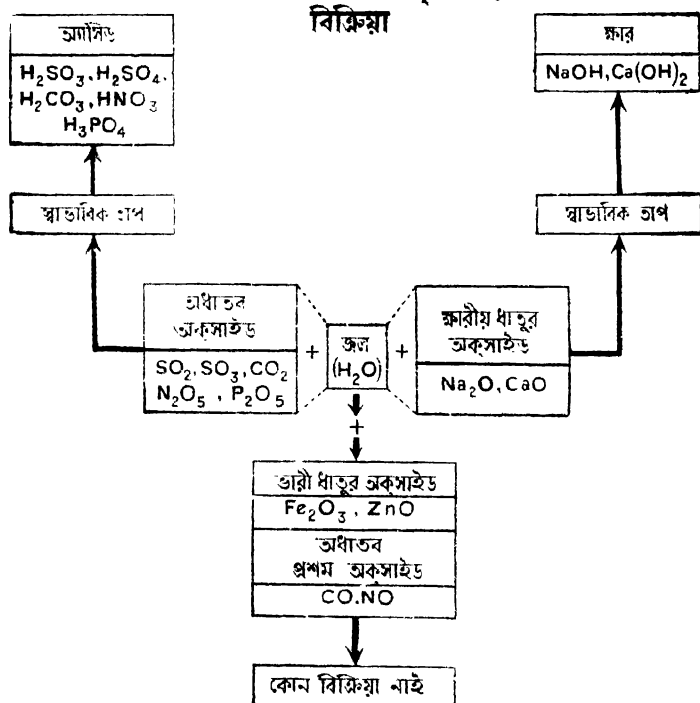
$$2Al + 6H_2O = 3H_2\uparrow + 2Al(OH)_3$$
অ্যালুমিনিয়াম জল হাইড্রোজেন Al-হাইড্রোকসাইড

$$Zn + H_2O = H_2\uparrow + ZnO$$
জিংক জল হাইড্রোজেন জিংক অক্সাইড

(খ) **উচ্চতর তাপাংকে** (At higher temperature): লাল তপ্ত আয়রনের উপরে বাষ্প চালাইলে হাইড্রোজেন ও ক্ষারীয় অক্সাইড তৈরী হয়। অনুরূপ ভাবে ম্যাগনেসিয়ামের উপরেও বিক্রিয়া সম্ভব:

$3Fe$	+	$4H_2O$	=	$4H_2\uparrow$	+	Fe_3O_4
আয়রন		বাষ্প		হাইড্রোজেন		ফেরেসো-ফেরিক অক্সাইড

(খ) **লেডের সঙ্গে বিক্রিয়া**: লেডের বা সীসার সঙ্গে বিশুদ্ধ জলের কোন বিক্রিয়া নাই। কিন্তু জলে অক্সিজেন মিশ্রিত থাকিলে স্বাভাবিক তাপাংকেই লেড ক্ষয় হইয়া হাইড্রোকসাইড গঠন করে। যথা:

$2Pb$	+	O_2	+	$2H_2O$	=	$2Pb(OH)_2$
লেড		অক্সিজেন		জল		লেড হাইড্রোকসাইড

(ঙ) **বিক্রিয়াহীন ধাতু**: হাইড্রোজেনের নিচে অবস্থিত টিন, কপার, মার্কারী, সিলভার, প্লাটিনাম ও গোল্ডের উপরে জলের কোন বিক্রিয়া নাই। লাল তপ্ত কপারের বাষ্পের উপরে কোন বিক্রিয়া নাই, কিন্তু শ্বেত-তপ্ত কপারকে জল সামান্য পরিমাণে অক্সাইডে পরিণত করে।

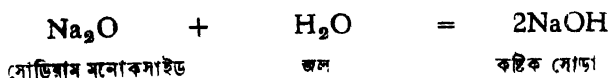
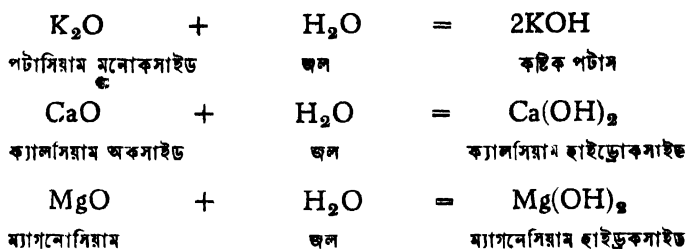
(viii) **অধাতুর ক্রিয়া** (Action of non-metal): জলের সঙ্গে ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় স্বাভাবিক অবস্থায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও ওজন রূপে (O_3) অক্সিজেন তৈরী হয়। সূর্যালোকে ক্লোরিন ও ব্রোমিন অক্সিজেন এবং হাইড্রোক্লোরিক ও হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড তৈরী করে। লাল তপ্ত কার্বন বাষ্পের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া হাইড্রোজেন ও কার্বন মনোকসাইড (ওয়াটার গ্যাস) তৈরী করে। সিলিকনের সঙ্গে অনুরূপ বিক্রিয়া ঘটে শ্বেত-তপ্ত অবস্থায়। নাইট্রোজেন, অক্সিজেন, সালফার, ফসফরাস (কার্যত বিক্রিয়াহীন) ইত্যাদি অ-ধাতুগুলি জলের উপরে বিক্রিয়াহীন।

$3F_2$	+	$3H_2O$	=	O_3	+	$6HF$
ক্লোরিন		জল		ওজোন		হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড
$2Cl_2$	+	$2H_2O$	=	$4HCl$	+	$O_2\uparrow$
ক্লোরিন		জল		হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড		অকসিজেন
$2Br_2$	+	$2H_2O$	=	$4HBr$	+	$O_2\uparrow$
ব্রোমিন		জল		হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড		অকসিজেন
C	+	$2H_2O$	=	$2H_2\uparrow$	+	$CO\uparrow$
লাল তপ্ত কার্বন		বাষ্প		হাইড্রোজেন		কার্বন মনোকসাইড
Si	+	$2H_2O$	=	$2H_2\uparrow$	+	SiO_2
শ্বেত-তপ্ত সিলিকন		বাষ্প		হাইড্রোজেন		সিলিকন ডাই-অকসাইড

জলের সঙ্গে ক্লোরিন ও ব্রোমিনের মিশ্রণকে যথাক্রমে **ক্লোরিন জল** (Chlorine water) ও **ব্রোমিন জল** (Bromine water) বলা হয়। ক্লোরিন বা ব্রোমিনের সংপৃক্ত দ্রবণ 0°C তাপাংকে **ক্লোরিন হাইড্রেট** (chlorine hydrate)—$Cl_2, 6H_2O$ বা **ব্রোমিন হাইড্রেট** (Bromine hydrate)—$Br_2, 8H_2O$ স্ফটিক তৈরী হয়।

(ix) **ধাতুর অক্সাইডের বিক্রিয়া** (Action of metallic oxides):

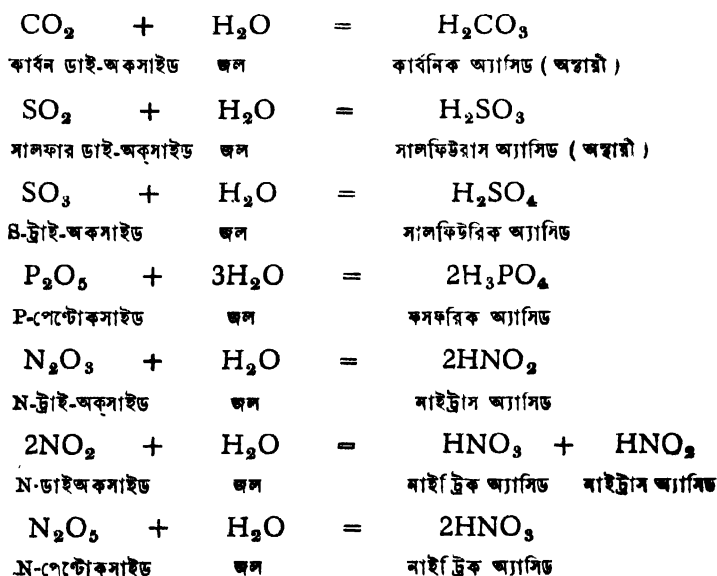
(ক) সোডিয়াম, পটাসিয়াম ও ক্যালসিয়াম জাতীয় ক্ষারীয় ধাতুর অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় ক্ষার তৈরী হয়। যথা:

$$Na_2O + H_2O = 2NaOH$$

সোডিয়াম মনোক্সাইড   জল   কষ্টিক সোডা

K_2O	+	H_2O	=	$2KOH$
পটাসিয়াম মনোকসাইড		জল		কষ্টিক পটাস
CaO	+	H_2O	=	$Ca(OH)_2$
ক্যালসিয়াম অকসাইড		জল		ক্যালসিয়াম হাইড্রোকসাইড
MgO	+	H_2O	=	$Mg(OH)_2$
ম্যাগনোসিয়াম		জল		ম্যাগনেসিয়াম হাইড্রকসাইড

এরূপ বিক্রিয়ার পরে প্রাপ্ত তরলে লাল লিটমাস কাগজ ভিজাইলে ইহা নীল হইয়া যায় এবং তাহাতে প্রমাণিত হয় যে দ্রবণে ক্ষার সৃষ্টি হইয়াছে। ক্ষারীয় ধাতুর অক্সাইড মিশ্রণের আগে লাল লিটমাস কাগজ জলে ভিজাইলে তাহা লালই থাকে। (খ) স্বাভাবিক অবস্থায় কপার, আয়রন, জিংক, মার্কারী ইত্যাদি ভারী ধাতুর অক্সাইড জলের সলের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইতে সক্ষম নয়।

(x) **অ-ধাতব অক্সাইডের বিক্রিয়া** (Action of non-metallic oxides) :—(ক) কার্বন, সালফার, ফসফরাস, নাইট্রোজেন ইত্যাদি ধাতুর অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া ঘটাইয়া বিভিন্ন অধাতুর নামযুক্ত অ্যাসিড তৈরী হয়। যথা :

CO_2	+	H_2O	=	H_2CO_3		
কার্বন ডাই-অকসাইড		জল		কার্বনিক অ্যাসিড (অস্থায়ী)		
SO_2	+	H_2O	=	H_2SO_3		
সালফার ডাই-অক্সাইড		জল		সালফিউরাস অ্যাসিড (অস্থায়ী)		
SO_3	+	H_2O	=	H_2SO_4		
S-ট্রাই-অকসাইড		জল		সালফিউরিক অ্যাসিড		
P_2O_5	+	$3H_2O$	=	$2H_3PO_4$		
P-পেন্টোকসাইড		জল		ফসফরিক অ্যাসিড		
N_2O_3	+	H_2O	=	$2HNO_2$		
N-ট্রাই-অক্সাইড		জল		নাইট্রাস অ্যাসিড		
$2NO_2$	+	H_2O	=	HNO_3	+	HNO_2
N-ডাইঅকসাইড		জল		নাইট্রিক অ্যাসিড		নাইট্রাস অ্যাসিড
N_2O_5	+	H_2O	=	$2HNO_3$		
N-পেন্টোকসাইড		জল		নাইট্রিক অ্যাসিড		

বিক্রিয়ার পরে দ্রবণে নীল লিটমাস ডুবাইলে লাল বর্ণ ধারণ করে। কারণ দ্রবণে অ্যাসিড তৈরী হয়। কিন্তু বিক্রিয়ার আগে জলে লিটমাস ডুবাইলে লিটমাসের বর্ণে কোন পরিবর্তন ঘটে না।

(ঘ) নাইট্রিক অক্সাইড (NO), কার্বন মনোক্সাইড (CO), জাতীয় অধাতব অক্সাইড জলে অদ্রবণীয় ও বিক্রিয়া হীন।

জলের উপরে ধাতুর ও অ-ধাতুর বিক্রিয়া

ধাতুর অক্সাইড $MgO.Fe_3O_4.Al_2O_3$

হাইড্রোজেন (H_2)

উচ্চতাপ

ভারী ধাতু Mg, Fe, Zn, Al,

\+

স্টীম

কোন অবস্থায় বিক্রিয়া নাই

সোনা, রূপা পারদ, নিকেল

\+

জল (H_2O)

\+

লাল তপ্ত কার্বন(C)

কার্বন মনকসাইড (CO)

\+

হাইড্রোজেন (H_2)

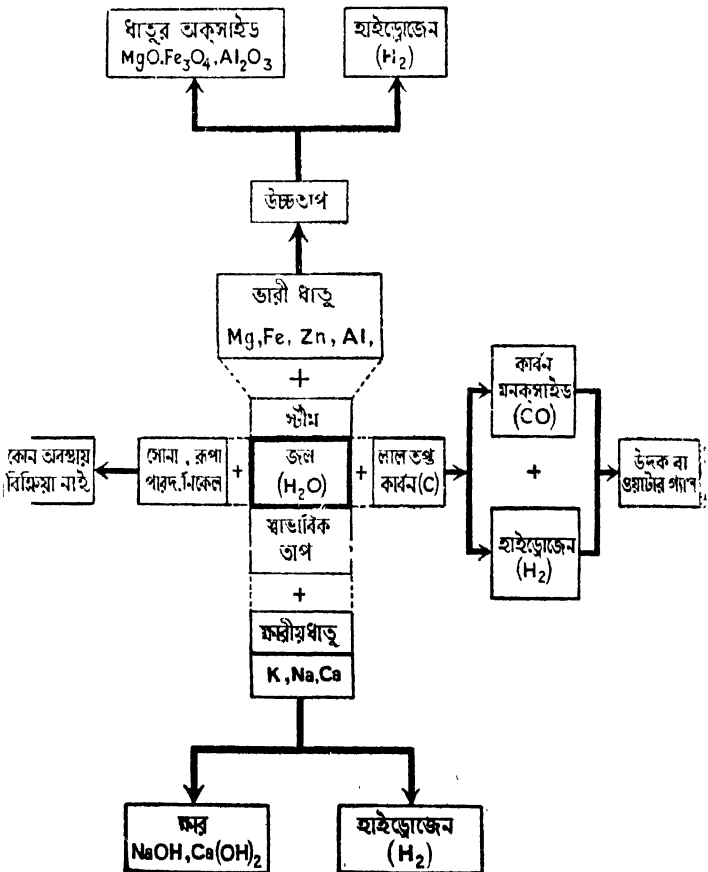
উদক বা ওয়াটার গ্যাস

স্বাভাবিক তাপ

\+

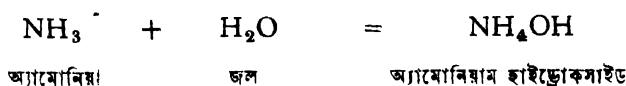
ক্ষারীয় ধাতু K, Na, Ca

ক্ষার NaOH, $Ca(OH)_2$

হাইড্রোজেন (H_2)

(xi) **স্ফটিক জল** (Water of crystallisation) : স্ফটিক জল অনেক সোদক স্ফটিকের বর্ণ ও আকার সৃষ্টির জন্য দায়ী।

(xii) **অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়া** (Action of ammonia) : অ্যামোনিয়া জলের সঙ্গে বিক্রিয়ায় হাইড্রোকসাইড তৈরী হয়। এই দ্রবণকেই লঘু অ্যামোনিয়া (dilute ammonia) বলা হয়। যথা :

$$NH_3 + H_2O = NH_4OH$$

অ্যামোনিয়া   জল   অ্যামোনিয়াম হাইড্রোকসাইড

(xiii) **জল বিশোষক** (Absorbents of water) : বিগলিত (fused) ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড, ($CaCl_2$), ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড (Conc. H_2SO_4), ফসফরাস পেণ্টোকসাইড (P_2O_5), সিলিকা জেল (সিলিকার-কলয়ডিয় দ্রবণ) এবং ম্যাগনেসিয়াম পারক্লোরেট [$Mg(ClO_4)_2$] বিশেষ ভাবে জল শোষণ করিতে সক্ষম।

জলের সনাক্তকরণ (Identification of water) : বিশুদ্ধ জল বর্ণহীন, স্বাদহীন ও গন্ধহীন পদার্থ। (ii) বিশুদ্ধ জলের সংস্পর্শে লাল বা নীল লিটমাস কাগজের কোন বর্ণান্তর ঘটেনা। (iii) বিশুদ্ধ জল 0°C তাপাংকে বরফে এবং 760 mm চাপ ও 100°C তাপাংকে বাষ্পে পরিণত হয়। (iv) অনার্দ্র সাদা কপার সালফেট পাউডার জলের সংস্পর্শে নীলবর্ণে পরিণত হয় (v) পটাসিয়াম জলের সংস্পর্শে হাইড্রোজেন সৃষ্টি করে এবং সেই হাইড্রোজেন স্বতঃস্ফূর্তভাবে জলিয়া ওঠে। (vi) চুন জলের সংযোগে উত্তাপ সৃষ্টি করিয়া প্রথমে ফুটিয়া ওঠে এবং পরে ভাঙ্গিয়া ক্যালসিয়াম হাইড্রোক-সাইড তৈরী করে (বিক্রিয়া পূর্বে উল্লেখ করা হইয়াছে।)

বিশুদ্ধ জলের পরীক্ষা (Test of purity of water) : (i) জল বিশুদ্ধ হইলে বাষ্পায়নের ফলে পাত্রে কোন অবশেষ থাকে না, কিন্তু সাধারণ জলে অবশেষ থাকে। বিশুদ্ধ জলে ক্লোরাইড ও সালফেট জাতীয় দ্রবণীয় লবণ, ক্যালসিয়াম যৌগ ও অ্যামোনিয়াম যৌগ যে পাওয়া যায় না তাহা নিম্নের পরীক্ষায় জানা যায় :

এই পরীক্ষাগুলি এবং সনাক্তকরণে উল্লিখিত ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মগুলির পর্যবেক্ষণে কোন জলের নমুনা (sample) বিশুদ্ধ কিনা তাহা বলা যায়।

পরীক্ষা	মিশ্রিত বিকারক	কলের জল	বিশুদ্ধ পাতিত জল
(i) ক্লোরাইড	$AgNO_3$ + লঘু HNO_3 (সিলভার নাইট্রেট)	সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে	কোন অধঃক্ষেপ পড়ে না
(ii) সালফেট	$BaCl_2$ + লঘু HCl (বেরিয়াম ক্লোরাইড)	সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে	কোন অধঃক্ষেপ পড়ে না
(iii) ক্যালসিয়াম	অ্যামোনিয়াম অক্জালেট + লঘু অ্যাসেটিক অ্যাসিড	সাদা অধঃক্ষেপ পড়ে	কোন অধঃক্ষেপ পড়ে না
(iv) অ্যামোনিয়া	নেসলার-রি-এজেণ্ট	জল বাদামী বর্ণে পরিণত হয়	কোন বর্ণ সৃষ্টি হয় না

জলের আয়তনিক ও ভৌলিক গঠন

(Volumetric and Gravimetric composition of water)

জল মৌলিক পদার্থ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগে গঠিত একটি যৌগিক পদার্থ। তাই, জল রাসায়নিক অর্থে **হাইড্রোজেন অক্সাইড** (Hydrogen Oxide)।

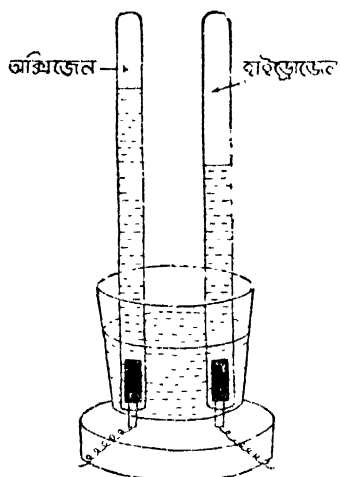
জলের আয়তনিক গঠন (Volumetric composition)

জলের মধ্যে তড়িৎ প্রবাহিত করিলে জল বিযুক্ত বা বিশ্লেষিত হইয়া হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসে পরিণত হয়। আবার হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসের মিশ্রণের মধ্যে তড়িৎ প্রবাহিত করিলে গ্যাস দুইটির সংযোগে বা সংশ্লেষণে জল গঠিত হয়। এই পরীক্ষা দুইটিতে স্বাভাবিকভাবে প্রমাণিত হয় যে, জল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের একটি যৌগিক পদার্থ। জলের মধ্যে আয়তন হিসাবে কতভাগ হাইড্রোজেন এবং কত ভাগ অক্সিজেন আছে তাহাও এই পরীক্ষা দ্বারা জানা যায়।

(i) **জলের তড়িৎবিশ্লেষণ বা বিযুক্তি** (Electrolysis of water)

পরীক্ষা : একটি **ভল্টামিটার** (Voltameter) লও। এরূপ ভল্টামিটার একটি কাচের বাটি মাত্র। এই বাটির তলায় কাচ গলাইয়া খাড়াভাবে দুইটি

প্লাটিনামের পাত বসানো থাকে এবং প্লাটিনামের পাত দুইটির তলায় সংযুক্ত থাকে প্লাটিনামের তার। এই ভল্টামিটারটি সাধারণত একটি কাঠের আসনের উপর বসানো থাকে। ভল্টামিটারে কিছু জল লও এবং জলের মধ্যে কয়েক ফোঁটা সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাও। দুইটি জলভরা অংশাংকিত কাচের নল উপুড় করিয়া ভল্টামিটারের প্লাটিনাম পাত দুইটির উপরে বসাইয়া দাও। এখন প্লাটিনাম পাতের সঙ্গে সংযুক্ত প্লাটিনামের তার দুইটি ব্যাটারীর পজেটিভ ও নেগেটিভ তড়িদ্‌দ্বারের সঙ্গে লাগাইয়া দাও।

ভল্টামিটারে জলের বিশ্লেষণ

দেখিবে, প্লাটিনাম পাতের মুখে গ্যাস সৃষ্টি হইতেছে এবং তাহা বুদ্‌বুদের আকারে অংশাংকিত কাচের নলে জমা হইতেছে। **পজেটিভ তড়িদ্‌দ্বারে বা অ্যানোডে উৎপন্ন হইবে অক্‌সিজেন গ্যাস এবং নেগেটিভ তড়িদ্‌দ্বারে বা ক্যাথোডে উৎপন্ন হইবে হাইড্রোজেন গ্যাস।** কিছুক্ষণ ব্যাটারীর তড়িৎ চালাইবার পরে দেখা যাইবে যে পজেটিভ তড়িদ্‌দ্বারে স্থাপিত অংশাংকিত-নলে যতখানি অক্‌সিজেন গ্যাস জমা হইয়াছে, নেগেটিভ তড়িৎদ্বারে স্থাপিত কাচের নলে ঠিক তার **দ্বিগুণ আয়তনের হাইড্রোজেন গ্যাস** জমা হইয়াছে। পজেটিভ তড়িদ্‌দ্বারের কাচের-নলের গ্যাসের মধ্যে জ্বলন্ত পাটপাঠি ধরিলে পাটকাঠিটি উজ্জ্বল শিখায় জ্বলিতে আরম্ভ করে। ইহাই অক্‌সিজেন। দ্বিগুণ আয়তনের অপর পরীক্ষানলের গ্যাসটির মধ্যে জ্বলন্ত পাটকাঠি ধরিলে পাটকাঠিটি নিভিয়া যায়, কিন্তু গ্যাসটি নিজেই জ্বলিয়া ওঠে। এই গ্যাসটি হাইড্রোজেন।

এই পরীক্ষায় প্রমাণিত হয় যে, **জল একভাগ আয়তনের অক্‌সিজেন ও দুইভাগ আয়তনের হাইড্রোজেন দ্বারা গঠিত।** যথা:

জল	→	⬚⬚	+	⬚
(H_2O)		2 আয়তন H_2		1 আয়তন O_2

(ii) **জলের সংশ্লেষণ বা সংযুক্তি** (Synthesis of water) **পরীক্ষা :** একটি ইউডিওমিটার (Eudiometer) লও। এরূপ ইউডিয়োমিটার একমুখ বন্ধ অংশাংকিত (measured) একটি কাঁচের লম্বা নল। এই নলের বন্ধ মুখে কাচ গলাইয়া প্লাটিনামের দুইটি তার ফিট-করা থাকে। এই ইউডিয়োমিটারটি পারদ দ্বারা পূর্ণ কর এবং নলটি ধারকের সাহায্যে আরেকটি পারদ ভরা বাটিতে উপুড় করিয়া দাঁড় করাইয়া রাখ। এই ইউডিয়োমিটারের পারদ সরাইয়া প্রথমে নলের মধ্যে 20 c. c. হাইড্রোজেন গ্যাস ভর এবং ইহার পর 10 c. c. অক্সিজেন গ্যাস ভর। অর্থাৎ, ইউডিয়োমিটারে দুই আয়তন পরিমাণে হাইড্রোজেনের সঙ্গে এক আয়তন পরিমাণে অক্সিজেন মিশ্রিত কর। এখন পারদের বাটিতে একটি রবারের প্যাডের উপরে ইউডিয়োমিটারের গোড়াটি চাপ দিয়া বসাইয়া ধারকের সাহায্যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসভরা ইউডিয়োমিটারটি দাঁড় করাইয়া দাও। এইবার ইউডিয়োমিটারের মাথায় সংযুক্ত তার দুইটি ব্যাটারীর পজেটিভ ও নেগেটিভ তড়িদ্দ্বারের সঙ্গে সংযুক্ত কর।

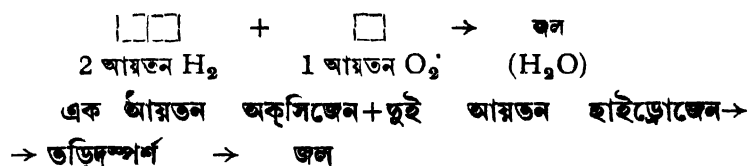
জলের আয়তনিক সংযুক্তি পরীক্ষা

ব্যাটারীর সঙ্গে তার দুইটি সংযুক্ত করার সঙ্গে সঙ্গে ইউডিয়োমিটারের গ্যাসের মধ্যে আলোর ঝলক দিয়া একটি বিস্ফোরণ ঘটিবে এবং হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাস সংযুক্ত হইয়া জলে পরিণত হইবে। এখন ইউডিয়োমিটারের গোড়া হইতে ধীরে ধীরে রবারের প্যাডটি সরাইয়া লও। দেখিবে, ইউডিয়ো-মিটার প্রায় সম্পূর্ণভাবে পারদে পূর্ণ হইয়া যাইবে। অল্প আয়তনের অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন গ্যাস সংযুক্ত হইয়া মাত্র কয়েক কণা তরল জল গঠন করে। এই তরল জলকণার আয়তন অতি সামান্য। তাই ইউডিয়োমিটারের মধ্যে জল তৈরী হওয়ার পরে তড়িৎ-বিশ্লেষণের আগের গ্যাসপূর্ণ স্থানটি কার্যত শূন্য হইয়া যায় এবং পারদ এই শূন্যস্থান পূর্ণ করে।

এই পরীক্ষায়ও প্রমাণিত হয় যে, দুইভাগ আয়তনের হাইড্রোজেন এবং এক ভাগ আয়তনের অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া যৌগিক পদার্থ জল গঠন করে। যথা :

[□□] + [□] → জল

2 আয়তন H_2 1 আয়তন O_2 (H_2O)

এক আয়তন অক্সিজেন+দুই আয়তন হাইড্রোজেন→ → তড়িদ্স্পর্শ → জল

জলের ফর্মুলা নির্ণয় (Formula of water): জল বিশ্লেষণে বা সংশ্লেষণে দেখা যায় আয়তন হিসাবে জলে দুই আয়তন হাইড্রোজেন এবং এক আয়তন অক্সিজেন বর্তমান। অর্থাৎ

জল সংশ্লেষণ বা বিশ্লেষণে দরকার বা পাওয়া যায়:

2 আয়তন হাইড্রোজেন + 1 আয়তন অক্সিজেন

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী সম চাপ ও তাপাংকে সম আয়তন যে কোন গ্যাসে সমসংখ্যক অণু বর্তমান।

সুতরাং যদি এক আয়তন গ্যাসে 'n' সংখ্যক পরমাণু থাকে তাহা হইলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের আয়তন পরমাণু সংখ্যা অনুযায়ী:

জল সংশ্লেষণ বা বিশ্লেষণে দরকার বা পাওয়া যায়:

$2n$ হাইড্রোজেন অণু + n অক্সিজেন অণু

অথবা 2 হাইড্রোজেন অণু + 1 অক্সিজেন অণু

অথবা 1 হাইড্রোজেন অণু + $\frac{1}{2}$ অক্সিজেন অণু

অ্যাভোগাড্রোর উপ সিদ্ধান্ত অনুযায়ী প্রতিটি হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন অণু দুইটি করিয়া পরমাণু দ্বারা গঠিত।

সুতরাং এক অণু জল সংশ্লেষণে বা বিশ্লেষণে দরকার বা পাওয়া যায়:

2 হাইড্রোজেন পরমাণু + 1 অক্সিজেন পরমাণু

তাই জলের ফর্মুলা $(2H+O) \rightarrow H_2O$

বাস্তব পরীক্ষায় জানা যায় জলের বাষ্প-ঘনত্ব (vapour density)=9

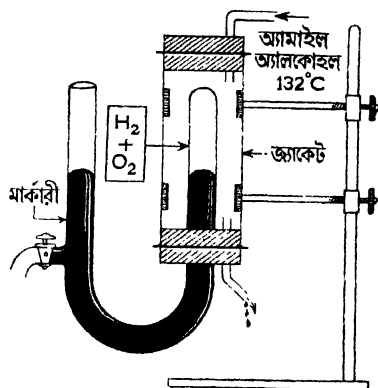
অ্যাভোগাড্রোর উপ-সিদ্ধান্ত অনুযায়ী

আণবিক ওজন $= 2 \times$ বাষ্প-ঘনত্ব

$\therefore$ জলের আণবিক ওজন $= 2 \times 9 = 18$

উপরোক্ত পরীক্ষার ফল পর্যালোচনায় প্রাপ্ত জলে ফর্মুলা H_2O এবং ইহার আণবিক ওজন $= 2 \times 1 + 16 = 18$

সুতরাং জলের যথার্থ ফর্মুলা—H_2O

(iii) **হফম্যানের পরীক্ষা** (Hofmann's Experiment) : দুই আয়তন হাইড্রোজেন এবং এক আয়তন অক্সিজেনের বিক্রিয়ায় যে দুই আয়তন

জলীয় বাষ্প উৎপন্ন হয় হফম্যানের পরীক্ষায় তাহা সুস্পষ্টভাবে অনুধাবন করা যায়।

হফম্যানের পরীক্ষা-যন্ত্রটি একটি প্রশস্ত ব্যাস U-নলরূপে গঠিত। ইহার বাহু-নল দুইটির একটির মুখ খোলা এবং অপরটির বন্ধ। বন্ধ মুখ বাহু-নলের উর্ধ্বাংশে কাচ বিগলিত করিয়া দুইটি প্লাটিনামের তার সংযুক্ত করা থাকে। U-নলের এই বন্ধ মুখ বাহুটি একটি কাচের জ্যাকেট দ্বারা আবৃত রাখা হয়।

U-নলটি প্রথমে পারদে (মার্কারী) ভরা হয় এবং এই মার্কারী সরাইয়া বন্ধ-মুখ বাহু-নলে 2 আয়তন হাইড্রোজেন এবং 1 আয়তন অক্সিজেন (মনে কর, 10 c. c. H_2 এবং 5 c. c. O_2) ভরা হয়। এখন বন্ধ-মুখ বাহু-নলের জ্যাকেটের মধ্যে আগম-নালার (inlet) মাধ্যমে 132°C তাপাংকে প্রাপ্ত অ্যামাইল অ্যালকোহল বাষ্প চালান হয়। এই বাষ্প অপর একটি নির্গম-নালার পথে জ্যাকেট হইতে বাহির হইয়া যায়। এরূপ ব্যবস্থার পরে U-নলে অপর বাহু-নলে খোলা-মুখটি বন্ধ করিয়া প্লাটিনাম তার দুইটি একটি ব্যাটারীর তড়িৎ-প্রান্তের সঙ্গে যুক্ত করিয়া তড়িৎ চালান হয়। ইহার ফলে বন্ধ-বাহু-নলে অক্সিজেন হাইড্রোজেন মিশ্রণে এক ঝলক তড়িৎ খেলিয়া জল গঠনের বিক্রিয়া ঘটে এবং যেহেতু বাহু-নলটি 132°C তাপাংকিত অ্যামাইল অ্যালকোহল দ্বারা আবৃত থাকে, সেজন্য বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জল বাষ্পীয় অবস্থায় পাওয়া যায়।

এরূপ পরীক্ষায় দেখা যায় যে বিক্রিয়ায় উৎপন্ন জলীয় বাষ্পের আয়তন বিক্রিয়ার আগের হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্র আয়তনের দুই তৃতীয়াংশ। সুতরাং পরীক্ষার ফল দৃষ্টে এই সিদ্ধান্ত করা যায় যে **দুই আয়তন হাইড্রোজেন এবং এক আয়তন অক্সিজেন বিক্রিয়া ঘটাইয়া দুই আয়তন জলীয় বাষ্প গঠন করে।** যথা :

□□ + □ → □□

2 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন অক্সিজেন 2 আয়তন জলীয় বাষ্প

জলের ফর্মুলা নির্ণয় (Determination of formula of water) :

[এই অংশটি দ্বিতীয় ভাগে অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প পঠনের পরে অনুধাবনযোগ্য]

হফম্যানের পরীক্ষা হইতে জানা যায় 2 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন অক্সিজেন 2 আয়তন জলীয় বাষ্প গঠন করে।

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প বলে যে সমচাপ ও তাপাংকে সমআয়তন যে কোন গ্যাসে সম সংখ্যক অণু বর্তমান থাকে। সুতরাং এক আয়তন গ্যাসে যদি 'n' সংখ্যক অণু থাকে, তাহা হইলে :

$2n$ হাইড্রোজেন অণু $+$ n অকসিজেন অণু গঠন করে
$2n$ জলীয় বাষ্পের অণু

অথবা 2 হাইড্রোজেন অণু $+1$ অকসিজেন অণু গঠন করে
1 জলীয় বাষ্পের অণু

অথবা 1 হাইড্রোজেন অণু $+\frac{1}{2}$ অকসিজেন অণু গঠন করে
1 জলীয় বাষ্পের অণু

অ্যাভোগাড্রোর উপ-সিদ্ধান্ত অনুযায়ী হাইড্রোজেন ও অকসিজেন অণু দুইটি করিয়া পরমাণু দ্বারা গঠিত।

সুতরাং 2 হাইড্রোজেন পরমাণ $+1$ অকসিজেন পরমাণু গঠন করে
1 জলীয় বাষ্পের অণু

অর্থাৎ একটি জল অণুর ফর্মুলা—H_2O

বাস্তব পরীক্ষায় জানা যায় জলীয় বাষ্পের বাষ্প ঘনত্ব
(Vapour density) $=9$

∴ অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের উপ-সিদ্ধান্ত অনুযায়ী
জলের আণবিক ওজন $=2\times9=18$

হফম্যান পরীক্ষার ফল হইতে নির্ণীত জল অণুর ফর্মুলা H_2O ,

সুতরাং এরূপ জলের (H_2O) আণবিক ওজন $=2\times1+16=18.$

তাই জলের যথার্থ আণবিক ফর্মুলা—H_2O

2. জলের তৌলিক বা ওজনগত গঠন

(Gravimetric Composition of water)

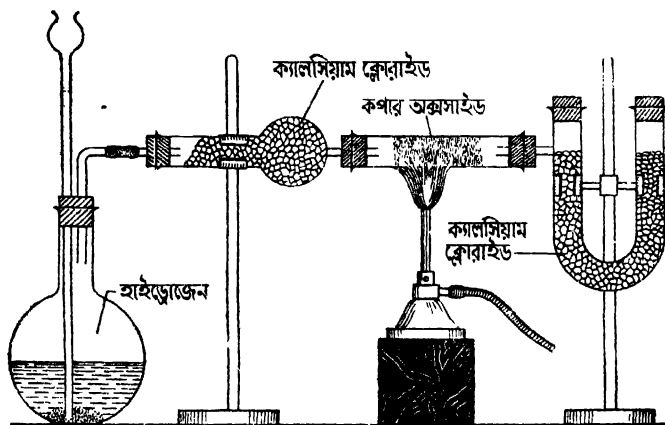
জলের তৌলিক বা ওজন গত (by weight) গঠন অর্থাৎ ওজন হিসাবে জলের মৌল উপাদান হাইড্রোজেন ও অকসিজেনের অনুপাত কত তাহা নির্ভুলভাবে সর্বপ্রথম স্থির করেন বিজ্ঞানী ডুমা (Duma)। ডুমার পরীক্ষার মূলনীতি অনুরূপ :

রাসায়নিক তত্ত্ব (Chemical Principle): তপ্ত কিউপ্রিক অকসাইডের (CuO) উপরে হাইড্রোজেন (H_2) চালনা করিলে কিউপ্রিক অকসাইড বিজারিত হইয়া ধাতব কপারে পরিণত হয়। ব্যবহৃত হাইড্রোজেন ও কিউপ্রিক অক্সাইড যদি বিশুদ্ধ ও শুষ্ক হয় এবং বিক্রিয়ার আগে কিউপ্রিক অকসাইড এবং বিক্রিয়ার পরে প্রাপ্ত কপার এবং জল (বাষ্প) যদি নির্ভুলভাবে ওজন করা যায় তাহা হইলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের তৌলিক অনুপাত (ratio) সঠিকভাবে নির্ণয় করা সম্ভব। কিউপ্রিক অক্সাইড হইতে কপারের ওজন বাদ দিলে পাওয়া যায় অকসিজেনের ওজন এবং জলের ওজন হইতে এই অকসিজেনের ওজন বাদ দিলে পাওয়া যায় হাইড্রোজেনের ওজন। হাইড্রোজন ও অক্সিজেনের ওজনের তুলনা করিলে বাস্তব পরীক্ষার অনুপাত (ratio) অনুরূপ নির্দিষ্ট হইবে :

$$\frac{\text{হাইড্রোজেনের ওজন}}{\text{অকসিজেনের ওজন}} = \frac{1}{8}$$

পরীক্ষা (Expt): ডুমার পরীক্ষার মূল পদ্ধতির সরল ও সংক্ষিপ্ত বর্ণনা এইভাবে করা যায় :

এই পরীক্ষায় কিউপ্রিক অকসাইড রাখার জন্য ব্যবহার করা হয় একটি শক্ত কাচের দহন নল (combustion tube) বা বালব (bulb) এবং কিউপ্রিক অকসাইড বুনসেন দীপের সাহায্যে উচ্চ তাপাংকে উত্তপ্ত করা হয়। দহন-নলের বা বাল্বের আগম-মুখে (inlet) একটি বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ভরা U-নল এবং নির্গম-মুখে (outlet) আরেকটি বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ভরা U-নল বায়ু নিরন্ধ্রভাবে (air-tight) ফিট করা থাকে। দ্বিতীয় U-নলে বায়ুর জলীয় বাষ্প প্রবেশ রোধ করার জন্য ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ভরা আরেকটি রক্ষক-নল

(guard tube) লাগান থাকে। জিংক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন তৈরী করা হয় এবং এই হাইড্রোজেন নির্গম-নলের মাধ্যমে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ভরা U-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত হইবার

জলের তৌলিক গঠনের পরীক্ষা

সময়ে শুষ্ক হইয়া দহন-নল বা বাল্‌বে প্রবেশ করে। বিজারণের ফলে উৎপন্ন জলীয় বাষ্প শোষণ করে দহন-নলের নির্গম-মুখের সঙ্গে যুক্ত U-নলের ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড এবং দহন নলে অবশিষ্ট থাকে ধাতব কপার। দহন-নল বা বাল্‌ব উত্তপ্ত করার পূর্বে হাইড্রোজেন চালাইয়া এরূপ নল বা বাল্‌বে অবস্থিত বায়ু অপসারিত করা হয় এবং পরীক্ষার পরেও বুনসেন দীপ সরাইয়া হাইড্রোজেন প্রবাহিত করিয়া ইহা শীতল করা হয়।

উপরের পরীক্ষাটি ডুমার পরীক্ষার একটি অতি সরল বর্ণনা। বাস্তব পরীক্ষায় ডুমা হাইড্রোজেন বিশুদ্ধ ও শুষ্ক করার জন্য লেড নাইট্রেট দ্রবণ, সিলভার সালফেট দ্রবণ, কঠিন কষ্টিক পটাস, ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড এবং বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ভরা পাঁচটি U-নল ব্যবহার করেন এবং উৎপন্ন জলীয় বাষ্প সংগ্রহ করার জন্য দহন-নল বা বালবের নির্গম মুখে একটি অতিরিক্ত বাল্‌ব, একটি কঠিন কষ্টিক পটাস ভরা এবং দুইটি ফসফরাস পেন্টোক্সাইড ভরা U-নল এবং শেষ প্রান্তে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ভরা একটি রক্ষক-নল ব্যবহার করেন।

পরীক্ষার ফল গণনা (Calculation of results) :

পরীক্ষার পুর্বে দহন-নল + কিউপ্রিক অকসাইডের ওজন = W_1 গ্রাম

পরীক্ষার পরে দহন-নল + কপারের ওজন = W_2 গ্রাম

পরীক্ষার পুর্বে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-ভরা U-নলের ওজন = W_3 গ্রাম

পরীক্ষার পরে জলীয় বাষ্প + ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ভরা

U-নলের ওজন = W_4 গ্রাম

সুতরাং অক্সিজেনের ওজন = $(W_1 - W_2)$ গ্রাম

এবং জলের ওজন = $(W_4 - W_3)$ গ্রাম

∴ হাইড্রোজেনের ওজন = $[(W_4 - W_3) - (W_1 - W_2)]$ গ্রাম

নির্ভুল পরীক্ষায় দেখা যায় :

$$\frac{\text{হাইড্রোজেনের ওজন}}{\text{অক্সিজেনের ওজন}} = \frac{[(W_4 - W_3) - (W_1 - W_2)]}{(W_1 - W_2)} = \frac{1}{৮}$$

[বাস্তব পরীক্ষার ডুমার ফল অনুরূপ : হাইড্রোজেন/অকসিজেন =

1 : 7·98]

জলের ফর্মূলা নির্ণয় (Determination of formula of water) : পরীক্ষার ফল অনুযায়ী জানা যায় যে হাইড্রোজেন ও অকসিজেনের তৌলিক বা ওজনগত অনুপাত—1 : 8 ;

সুতরাং দেখা যায়, $\frac{1}{8} = \frac{a \times \text{হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন}}{b \times \text{অকসিজেনের পারমাণবিক ওজন}}$

অর্থাৎ জলের অণুতে হাইড্রোজেন ও অকসিজেনের পরমাণুর সংখ্যার অনুপাত = $\frac{a}{b}$

$$\therefore \frac{1}{৮} = \frac{a \times 1}{b \times 16} \text{; অথবা } \frac{a}{b} = \frac{2}{1}.$$

এরূপ অনুপাত দৃষ্টে এই সিদ্ধান্ত করা যায় যে একটি জলের অণুতে দুইটি হাইড্রোজেন ও একটি অকসিজেন পরমাণু বর্তমান। সুতরাং জলের ফর্মূলা—H_2O.

বাস্তব পরীক্ষায় দেখা যায় যে জলের বাষ্প ঘনত্ব (Vapour denisity) = 9

∴ অ্যাভোগাড্রোর উপ-সিদ্ধান্ত অনুযায়ী জলের আণবিক ওজন

$= 2 \times 9 = 18$

ডুমার পরীক্ষা-লব্ধ ফর্মুলা অনুযায়ী জলের (H_2O) আণবিক ওজন

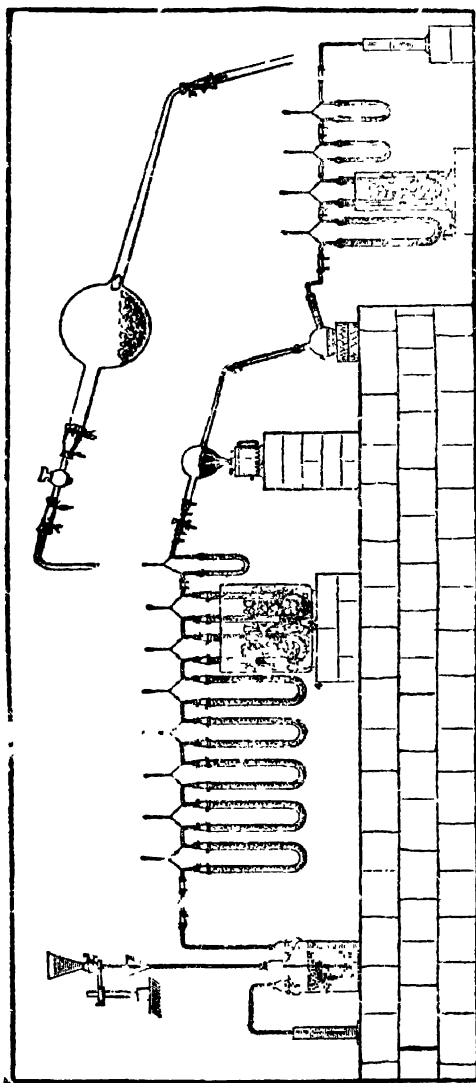
$$=2\times1+16=18$$

সুতরাং এই সিদ্ধান্ত করা যায় যে জলের যথার্থ ফর্মুলা—H_2O.

ডুমার পরীক্ষার সতর্কতা (Precautions in Duma's Expt) : (i) এরূপ পরীক্ষায় হাইড্রোজেন ও কিউপ্রিক অকসাইড শুষ্ক ও বিশুদ্ধ হওয়া দরকার। (ii) পরীক্ষায় ব্যবহৃত U-নল, বাল্‌ব ইত্যাদি বায়ুর নিরন্ধ্রভাবে ফিট করা প্রয়োজন। (iii) বিজারণ ক্রিয়া আরম্ভ করার পূর্বে দহন নল বা বাল্‌বের বায়ু হাইড্রোজেন দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা আবশ্যক। (iv) পরীক্ষার পরে কপারকে পুনরায় অকসাইডে পরিণত হওয়ার সুযোগ না দেওয়ার জন্য এবং পরীক্ষার উৎপন্ন জলীয় বাষ্পের দহন-নলমুখী পশ্চাৎধাবন রোধ করার জন্য দহন-নল শীতল না হওয়া পর্যন্ত হাইড্রোজেনের প্রবাহ অব্যাহত রাখা দরকার। (v) বায়ুর বাষ্প পরীক্ষা-যন্ত্রে প্রবেশ রোধ করার জন্য একটি রক্ষক-নল ব্যবহার করা প্রয়োজন।

ডুমার পরীক্ষার ত্রুটি (Defects) : (i) পর্যাপ্ত সতর্কতা সত্ত্বেও দহন-নলে বা বালব যে হাইড্রোজেন দ্বারা পূর্ণ থাকে তাহা কপারের ওজনে সামান্য তারতম্য ঘটায়। (ii) হাইড্রোজেন উৎপাদনের জন্য ব্যবহৃত সালফিউরিক অ্যাসিডে যে সামান্য অক্‌সিজেন দ্রবীভূত থাকে তাহা বিজারণের পরে প্রাপ্ত কপারকে পুনরায় অকসাইডে পরিণত করে এবং সে জন্য ডুমার সূক্ষ্ম পরীক্ষায় উৎপন্ন জলীয় বাষ্পের ওজন সামান্য বৃদ্ধি পায়।

ডুমার পরীক্ষা : 1878 খ্রীষ্টাব্দে সর্বপ্রথম জলের তৌলিক গঠন নির্ণয় করেন ফরাসী বিজ্ঞানী **ডুমা**। ডুমা হাতে-কলমে কাজ করার একজন দক্ষ রাসায়নিক ছিলেন। এই পরীক্ষাটি নিভুর্লভাবে সম্পন্ন করার জন্য তিনি পরীক্ষার যন্ত্রগুলি বিস্তৃতভাবে সাজান। হাইড্রোজেন গ্যাস যাহাতে বিশুদ্ধ হয় তাহার জন্য তিনি তামার অক্‌সাইড-ভরা দহন-নলের প্রবেশ মুখে লেড নাইট্রেট দ্রবণ, সিলভার সালফেট দ্রবণ, কঠিন কস্টিক পটাস, ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড ও বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-ভরা পাঁচটি নল ফিট করেন। সেইরূপ দহন নলের বা বাল্‌বের নির্গম নলের মুখেও একটি বাল্‌ব, একটি কঠিন কস্টিক পটাস ভরা U-নল, দুইটি ফসফরাস পেণ্টোকসাইড ভরা U-নল এবং বিগলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ভরা একটি রক্ষক-নল ফিট করেন। হাইড্রোজেনের সঙ্গে অথবা দহন-নল হইতে নির্গত জলীয় বাষ্পের সঙ্গে যাহাতে অন্য কোন পদার্থ মিশিতে না পারে তাহার জন্য তিনি এই সতর্কতা অবলম্বন করেন। যত্ন, পরিশ্রম ও সতর্কতা সহকারে এই পরীক্ষাটি সফল করার জন্য ডুমা যে কিরূপ উপায়ে পরীক্ষা-যন্ত্রটি সাজাইয়াছিলেন তাহার চিত্র আজও বিজ্ঞানী-সমাজে এক প্রদর্শনীয় জিনিস হইয়া আছে। জলের গঠনে ডুমার পরীক্ষা-যন্ত্রের চিত্রটি দেখিলেই ডুমার সতর্কতার গুরুত্ব লক্ষ্য করা যায়। (পর পৃষ্ঠার চিত্র দেখ)।

জলের তৌলিক সংযুক্তির পরীক্ষায় ডুমার যন্ত্র

মাঝখানে তামার অক্সাইড-ভরা বাল্‌ব এবং বামপাশে হাইড্রোজেন বিশুদ্ধ করার জন্য রাসায়নিক পদার্থ ভরা U-নল এবং ডানপাশে জল-শোষণের জন্য ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড ভরা একাধিক U-নল

Questions to be discussed

1. Give reasons why you consider water to be a compound and not a mixture ? How do you show that water is composed of 2 vols of hydrogen and 1 vol of oxygen ?

2. What are the reactions of Na, K, Ca, and Fe upon water ? Under what condition do they react ? Give equations. How the oxides of Na and Ca react with water ?

8, What is the difference between the products of Ca and CaO upon water ? How would you prove that oxide of sodium forms alkali after reaction with water ?

4. What are the actions of non-metallic oxide upon water ? How can you prove that they form acid-water ?

5. What is volumetric composition of water ? Describe an experiment either of analysis or of synthesis of water to determine the volumetric composition of water ?

6. Describe an experiment by which you can determine the gravimatric composition of water,

7. What hahpens when—(i) Potassium is thrown in water, (ii) lime is treated with water, (iii) Steam is passed over red-hot charcol, (iv) Sulphur trioxide treated with water, (v) carbon dioxide dissolved in water, (vi) ammonia dissolved in water (vii) Nitric oxide treated with water. Give equations where necessary.

8. Describe with a sketch the apparatus how you would carry out the experiment and collect the products when electric current is passed through acidified water. How would you identify the products obtained ?

H. S 1961 (comp)]

9. How and under what condition does water reacts with (a) Sodium (b) Iron (c) Phosphorus pentoxide (d) Sodium peroxide (e) Chlorine (s) Carbon ? Give equations. [*H. S. 1962*]

10. Describe how you would describe the composition of water by volume as well as by weight. [*H. S. 1965*]

11. Under what condition does water react with (a) Iron (b) Carbon and (c) Calcium ? Give equations. [*H. S. 1965*]

1. বস্তুর শতাংশিক গঠন

(**Percentage composition of Substance**)

বিভিন্ন উপাদানে গঠিত কোন বস্তুর উপাদানগুলির শতাংশিক বা শতকরা হিসাব **অর্থাৎ** পরিমাণ স্থির করা যায়। ওজন অথবা আয়তন কোন্ হিসাবে উপাদনের শতকরা হিসাবে লেখা হইবে তাহা বস্তুর কঠিন, তরল বা গ্যাসীয় অবস্থার উপরে নির্ভর করে।

(i) **কঠিন** (Solid) **বস্তুর শতকরা পরিমাণ ওজন বা গুরুত্ব** (by weight) হিসাবে লেখা হয়। যদি বলা হয় লোহার খনিজ কাঁকরে 25% অর্থাৎ শতকরা 25 ভাগ লোহা আছে তবে বুঝিতে হইবে যে 100 গ্রাম কাঁকরের মধ্যে 25 গ্রাম ওজনের লোহা পাওয়া যাইবে।

(ii) **গ্যাসীয়** (Gaseous) **পদার্থের ক্ষেত্রে শতকরা পরিমাণ সাধারণত আয়তন** (Volume) হিসাবে লেখা হয়। বায়ুতে 21 % অক্সিজেন থাকে। ইহার অর্থ 100 c.c. বায়ুর মধ্যে অক্সিজেন থাকে 21 c.c.

(iii) **তরল পদার্থ** (liquid) **ও তরল দ্রবণের ক্ষেত্রে** (solution) **শতকরা পরিমাণ ওজন বা আয়তন** হিসাবে স্থির করা হয়। 100 গ্রাম **দ্রবণে** কত গ্রাম পদার্থ থাকে অথবা 100 c.c. দ্রবণে কত গ্রাম পদার্থ থাকে তাহা দ্বারা পদার্থের শতকরা হিসাব স্থির করা হয়।

10 % সালফিউরিক অ্যাসিডের অর্থ—(i) 100 গ্রাম অ্যাসিড দ্রবণে আছে 10 c.c. সালফিউরিক অ্যাসিড, অথবা (ii) 100 c.c. অ্যাসিড দ্রবণে আছে 10 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড।

20 % লবণের দ্রবণের অর্থ 100 গ্রাম জলীয় দ্রবণে আছে 20 গ্রাম লবণ।

উদাহরণ

(1) Find out the weight of 100 c.c. Sulphuric acid.

[sp. gr. of the acid = 1·8]

1 c. c. সালফিউরিক অ্যাসিডের ওজন = 1·8 গ্রাম

∴ 100 „ „ „ „ = 1·8 × 100 গ্রাম

= 180 গ্রাম

(2) What will be the amount of nitric acid in 1000 c. c. of 70 % nitric acid ? Sp. gr. of nitric acid = 1·4.

1 c.c. নাইট্রিক অ্যাসিডের গুরুত্ব = 1·4 গ্রাম

∴ 1000 „ „ „ „ = 1·4 × 1000 গ্রাম

= 1400 গ্রাম

100 গ্রাম নাইট্রিক অ্যাসিডে খাঁটি অ্যাসিড = 70 গ্রাম

1400 „ „ „ „ $= \frac{70}{110} \times 1400$

= 980 গ্রাম।

অর্থাৎ 1000 c.c. বা এক লিটার 70 % নাইট্রিক অ্যাসিডে খাঁটি নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যাইবে 980 গ্রাম।

(3) Sp. gr. of hydrochloric acid is 1·1 and its density is 50 % ; what will be the amount of pure hydrochloric acid in 500 c.c. of the acid ?

1 c.c. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ওজন = 1·1 গ্রাম

∴ 500 ” ” ” ” = 1·1 × 500

= 550 গ্রাম

100 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে খাঁটি অ্যাসিড = 50 গ্রাম

∴ 550 ” ” ” ” ” $= \frac{50 \times 550}{100}$

= 275 গ্রাম।

অর্থাৎ, 500 c.c. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে আছে 275 গ্রাম খাঁটি অ্যাসিড।

2. ফর্মুলার সাহায্যে আণবিক ওজন নির্ণয় (Molecular weight of a Compound)

আণবিক ওজন (Molecular weight) : একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর তুলনায় কোন মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের একটি অণু যতগুণ ভারী, সেই তুলনামূলক সংখ্যাই সেই পদার্থের আণবিক ওজন। [কিন্তু হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 1 ; সুতরাং কোন মৌলিক বা যৌগিক পদার্থের পরমাণুর সম্মিলিত ওজন হইবে সেই পদার্থের আণবিক ওজন।]

(i) জলের আণবিক ফর্মূলা ওজন $= H_2O$

সুতরাং জলের আণবিক ওজন $= H+H+O$

হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন $=1$

অক্সিজেন " " $=16$

সুতরাং জলের আণবিক ওজন $=1+1+16=18$

অর্থাৎ, অনুপাত হিসাবে জলের অণুতে আছে

$$\frac{\text{হাইড্রোজেন}}{\text{অক্সিজেন}} = \frac{2}{16} = \frac{1}{8}$$

অর্থাৎ 9 ভাগ জলে পাওয়া যায় 1 ভাগ হাইড্রোজেন ও 8 ভাগ অক্সিজেন। ওজন হিসাবে বলা যায় 18 গ্রাম জলের মধ্যে থাকে 2 গ্রাম হাইড্রোজেন ও 16 গ্রাম অক্সিজেন।

(ii) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের আণবিক ফর্মূলা $= HCl$

পারমাণবিক ওজন : $H=1$; $Cl=35{\cdot}5$

সুতরাং HCl-এর আণবিক ওজন $=1+35{\cdot}5=36{\cdot}5$

(iii) কষ্টিক সোডার আণবিক ফর্মূলা $= NaOH$

পারমাণবিক ওজন : সোডিয়াম $=23$; অক্সিজেন $=16$; হাইড্রোজেন $=1$

সুতরাং, NaOH-এর আণবিক ওজন $=23+16+1=40$

উদাহরণ

(1) What will be the amount of magnesium oxide when 10 gms. of magesium is burnt ? At wt. of O=16, Mg=24.

ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ফর্মূলা $= MgO$

ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের আণবিক ওজন $=34+16=40$ গ্রাম

অর্থাৎ 24 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম পোড়াইয়া MgO পাওয়া যায় $=40$ গ্রাম

সুতরাং 10 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম পোড়াইয়া MgO পাওয়া যায়

$= \frac{40}{24} \times 10 = 16{\cdot}6$ গ্রাম

(2) How much oxygen will be required to produce 50 gms magnesium oxide ?

ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ফর্মূলা $= MgO$

এবং আণবিক ওজন $=24+16=40$

অর্থাৎ 40 গ্রাম MgO তৈরী করার জন্য দরকার 16 গ্রাম অকসিজেন

সুতরাং, 50 গ্রাম MgO তৈরী করার জন্য দরকার

$= \frac{16}{40} \times 50 = 20$ গ্রাম অক্সিজেন।

(3) What are the amounts of hydrogen and oxygen necessary for producing 100 gms of water ?

জলের আণবিক ফর্মূলা $= H_2O$

জলের আণবিক ওজন $= 2 + 16 = 18$

অর্থাৎ 18 গ্রাম জল তৈরী করার জন্য প্রয়োজন 2 গ্রাম হাইড্রোজেন

সুতরাং 100 গ্রাম জল তৈরী করার জন্য প্রয়োজন $\frac{2}{18} \times 100$

$= 11.1$ গ্রাম হাইড্রোজেন

এবং 18 গ্রাম জল তৈরী করার জন্য প্রয়োজন 16 গ্রাম অক্সিজেন

সুতরাং, 100 গ্রাম জল তৈরী করার প্রয়োজন $\frac{16}{18} \times 100$

$= 88.9$ গ্রাম অক্সিজেন।

(4) How much water will be produced by combining 10 gms of hydrogen with 100 gms of oxygen ?

জলের আণবিক ফর্মূলা $= H_2O$

জলের আণবিক ওজন $= 2 + 16 = 18$

অর্থাৎ 10 গ্রাম হাইড্রোজেন যুক্ত হইতে পারে $\frac{16}{2} \times 10$

$= 80$ গ্রাম অক্সিজেনের সঙ্গে

কিন্তু অক্সিজেন আছে 100 গ্রাম; তাই, $(100 - 80) = 20$ গ্রাম অক্সিজেন বাকী পড়িয়া থাকিবে এবং জল তৈরী হইবে $= 10$ গ্রাম হাইড্রোজেন $+ 80$ গ্রাম অক্সিজেন $= 90$ গ্রাম জল।

(5) Formula of alum is $K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$; calclate its molecular weight.

$$K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O = K + K + S + O + O + O + O + Al + Al + 3(S + O + O + O + O) + 24(H + H + O)$$

$$= 39 + 39 + 32 + 16 + 16 + 16 + 16 + 27 + 27 + 3(32 + 16 + 16 + 16 + 16) + 24(1 + 1 + 16) = 948$$

৪. ফর্মুলা হইতে উপাদানের শতাংশিক পরিমাণ নির্ণয়

(Percentage composition from formula)

(1) Calculate the percentage composition of hydrogen and oxygen in a molecule of water.

18 ভাগ জলে আছে 2 ভাগ হাইড্রোজেন

$\therefore$ 100 „ „ $\frac{2}{18} \times 100 = 11{\cdot}1$ ভাগ হাইড্রোজেন

সুতরাং অক্সিজেন আছে $(100 - 11{\cdot}1) = 88{\cdot}9$ ভাগ

অর্থাৎ জলের মধ্যে $H = 11{\cdot}1\ \%$ এবং $O = 88{\cdot}9\ \%$.

(2) Calculate the percentage composition of nitric acid.

নাইট্রিক অ্যাসিডের ফর্মুলা $= HNO_3$

পারমাণবিক ওজন—H $= 1$

„ N $= 14$

„ $3O = 3 \times 16 = 48$

HNO_3-এর আণবিক ওজন $= 63$

63 ভাগ নাইট্রিক অ্যাসিডে H আছে = 1 ভাগ

100 „ „ „ „ $= \frac{1}{63} \times 100 = 1{\cdot}59$ ভাগ

100 „ „ „ N „ $= \frac{14}{63} \times 100 = 22{\cdot}22$ ভাগ

এবং 100 „ „ „ O „ $= \frac{48}{63} \times 100 = \frac{76{\cdot}19}{100{\cdot}00}$

নাইট্রিক অ্যাসিডে $H = 1{\cdot}59\ \%$; $N = 22{\cdot}22\ \%$ এবং $O = 76{\cdot}19\ \%$

(3) Calculate the percentage of water of crystallisation in a molecule of copper sulphate crystal.

কপার সালফেটের ফর্মুলা $= CuSO_4, 5H_2O$

অণুর ফর্মুলা $CuSO_4, 5H_2O$, সুতরাং,

কপার সালফেট অণুতে কপারের পারমাণবিক ওজন $= 63{\cdot}5$

„ „ „ সালফারের „ $= 32$

„ „ „ অক্সিজেনের „ $= 16 \times 4 = 64$

„ „ „ জলের „ $= 18 \times 5 = 90$

কপার সালফেটের আণবিক ওজন $(Cu+S+O\times4+90)=249{\cdot}5$

অর্থাৎ 249·5 ভাগ কপার সালফেট স্ফটিকে আছে 90 ভাগ জল

সুতরাং 100 „ „ „ „ $=\frac{90}{249{\cdot}5}\times100=36{\cdot}07\ \%$.

(4) Formula of Sulphuric acid is H_2SO_4; calculate its percentage composition.

পারমাণবিক ওজন $H=1, O=16, S=32$

H_2SO_4-এর আণবিক ওজন $=2\times1+1\times32+4\times16=98$

সুতরাং, হাইড্রোজেনের পরিমাণ $=\frac{2}{98}\times100=2{\cdot}081\ \%$

অক্সিজেনের পরিমাণ $=\frac{64}{98}\times100=65{\cdot}306\ \%$

সালফারের পরিমাণ $=\frac{32}{98}\times100=32{\cdot}65\ \%$

(5) Calculate the percentage of phosphoric acid anhydride in Sodium hydrogen phosphate, Na_2HPO_4, $12H_2O$.

[Na=23. H=1, P=31, O=76] [*Cal.*—1930]

$2(Na_2HPO_4, 12H_2O)=P_2O_5+2Na_2O+25H_2O$

P_2O_5 কে ফসফরিক অ্যান্‌হাইড্রাইড বলা হয়।

অর্থাৎ ডাই-সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেটের দুইটি অণু হইতে পাওয়া যায় একটি P_2O_5

$2(NaHPO_4,\ 12H_2O)$-এর আণবিক ওজন

$=2(23\times2+1\times1+31\times1+16\times4+18\times12)$

$=2\times358=716$

$P_2O_5=31\times2+16\times5=61+80=142$

অর্থাৎ 716 ডাই-সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেটে ফসফরিক অ্যানহাইড্রাইড অর্থাৎ P_2O_5-এর পরিমাণ 142

$\therefore$ P_2O_5-এর শতাংশ $=\frac{142\times100}{716}=19{\cdot}83$

6. (a) Calculate the percentage of CaO in calcium carbonate, $(CaCO_3)$.

(b) How many pounds of CaO may be obtained from one ton (2240 lbs) of limestone containing 97 % of $CaCO_3$?

[Ca=40]

(a) $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$

অর্থাৎ $CaCO_3$-এ একটি অণু CaO বর্তমান

$CaCO_3$-এর আণবিক ওজন $=1\times40+1\times12+3\times16=100$

CaO-এর আণবিক ওজন $=1\times40+1\times16=56$

সুতরাং CaO-এর শতাংশ $=\frac{56\times100}{100}=56$

(b) 100 টন $CaCO_3$-এ 56 টন CaO বর্তমান

$\therefore$ 1 ,, ,, $\frac{56}{100}=\cdot56$ টন

কিন্তু খনিজ চুনাপাথরে $CaCO_3$-এর পরিমাণ 97 %

অর্থাৎ 100 টন চুনাপাথরে আছে 97 টন

1 ,, ,, ,, $\frac{97}{100}$ টন $=\cdot97$ %

অন্যদিকে

1 টন $CaCO_3$-এ CaO-এর পরিমাণ 0·56 টন

$\therefore$ 0·97 ,, ,, ,, 0·56 × 0·97 টন

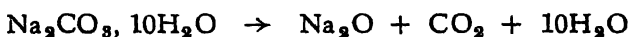
= 0·5432 টন × 2240 পাউণ্ড

= 1216·768 পাউণ্ড।

7. (a) Find the percentage of Na_2O and water of crystallisation in washing soda.

(b) Calculate the loss in weight when 120 lbs of washing soda is heated.

(a) ওয়াশিং সোডার আণবিক ফর্মুলা – $Na_2CO_3, 10H_2O$

$$Na_2CO_3, 10H_2O \rightarrow Na_2O + CO_2 + 10H_2O$$

অর্থাৎ এই এক অণু সোডায় এক অণু Na_2O এবং 10 অণু H_2O আছে :

ওয়াশিং সোডার আণবিক ওজন

$=2\times23+1\times12+3\times16+10\times18=286$

$Na_2O=2\times23+16=62$

$10H_2O=10(2+16)=180$

সুতরাং 286 ভাগ সোডায় আছে 62 ভাগ Na_2O

এবং 180 ভাগ H_2O

অর্থাৎ Na_2O-এর শতাংশ $= \frac{62 \times 100}{286} = 21{\cdot}7$

H_2O-এর শতাংশ $= \frac{180 \times 100}{286} = 62{\cdot}9$

(b). 100 পাউণ্ড ওয়াশিং সোডায় আছে 62·9 পাউণ্ড জল

∴ 120 „ „ „ „ $\frac{62{\cdot}9 \times 120}{100} = 75{\cdot}48$ পাউণ্ড।

8. A sample of haematite (impure Fe_2O_3) contains 50% of iron. Find the percentage of Fe_2O_3 in the sample.

[Fe = 56]

Fe_2O_3-এর আণবিক ওজন $= 2 \times 56 + 3 \times 16 = 160$

অর্থাৎ 160 ভাগ বিশুদ্ধ Fe_2O_3-তে আয়রন আছে $= 2 \times 56$ ভাগ

সুতরাং বিশুদ্ধ Fe_2O_3-তে লোহার শতাংশ $= \frac{112 \times 100}{160} = 70\%$

কিন্তু নমুনার হিমাটাইটে লোহা আছে 70%

সুতরাং নমুনার খনিজ পদার্থে বিশুদ্ধ

হিমাটাইট (Fe_2O_3) আছে $= \frac{50}{70} \times 100 = 71{\cdot}42$ শতাংশ।

4. শতাংশিক গঠন হইতে স্থূল ও আণবিক ফর্মুলা বা সংকেত নির্ণয়

(Emperical and Molecular Formula from Percentage Composition)

কোন যৌগিক পদার্থের উপাদানসমূহের শতাংশ বা শতকরা হিসাব হইতে যৌগিক পদার্থের যে আনুপাতিক ফর্মুলা নির্ণয় করা হয় তাহাকে বলা হয় স্থূল বা এমপেরিক্যাল ফর্মুলা (Emperical formula) ।

স্থূল ফর্মুলা (Emperical formula) ও আণবিক ফর্মুলা (Molecular Formula) সব সময়ে এক হয় না। **স্থূল ফর্মুলাতে পরমাণু-সমূহের**

অনুপাত সংখ্যা বোঝা যায় কিন্তু আণবিক ফর্মূলায় জানা যায় পরমাণুর সঠিক সংখ্যা। যদি বলা হয় কোন যৌগিক পদার্থের স্থুল **ফর্মূলা** A_2B_3 তবে বুঝিতে হইবে যে A_2B_3 ফর্মূলার যৌগের একটি অণুতে A ও B—এই মৌলিক পদার্থ দুইটির পরমাণু আছে 2 : 3—এই অনুপাতে। অর্থাৎ A : B = 2 : 3 ; কিন্তু যদি বলা যায় যে, যৌগিক পদার্থটির **আণবিক ফর্মূলা** A_2B_3, তবে বুঝিতে হইবে যে, যৌগটির একটি অণুতে দুইটি A পরমাণু এবং তিনটি B পরমাণু বর্তমান। অর্থাৎ যৌগে A-পরমাণুর সংখ্যা = 2 ; এবং B পরমাণুর সংখ্যা = 3 , সুতরাং **স্থুল ফর্মূলায় জানা যায় যৌগিক পদার্থের বিভিন্ন পরমাণুর অনুপাত-সংখ্যা ; কিন্তু আণবিক ফর্মূলায় জানা যায় বিভিন্ন পরমাণুর সঠিক সংখ্যা।**

কোন যৌগিক পদার্থের আণবিক ওজন না জানিয়া আণবিক ফর্মূলা বাহির করা সম্ভব নয়। কিন্তু আণবিক ওজন না জানিয়াও স্থুল ফর্মূলা নির্ণয় করা সম্ভব।

স্থুল বা এম্পেরিক্যাল ফর্মূলা নির্ণয়ের নিয়ম

(i) প্রথমে বিভিন্ন মৌলের বা মৌলিক পদার্থের শতকরা হিসাব নির্ণয় করা হয় এবং বিভিন্ন মৌল বা মৌলিক পদার্থের শতকরা হিসাবের সংখ্যাকে সেই মৌলিক পদার্থের পারমাণবিক ওজন দ্বারা ভাগ করা হয়। এইভাবে বিভিন্ন পরমাণুর অনুপাত-সংখ্যাগুলি নির্ণয় করা সম্ভব।

(ii) এই অনুপাত-সংখ্যাগুলিকে ভগ্নাংশ হইতে পুর্ণসংখ্যায় পরিবর্তিত করিবার জন্য অনুপাত-সংখ্যাগুলির মধ্যে সবচেয়ে কম সংখ্যাটি দ্বারা সব কয়টি অনুপাত-সংখ্যাকে ভাগ করা হয়।

উদাহরণস্বরূপ জলের ফর্মূলা নির্ণয় করা যায় এইভাবে :

জলের শতাংশিক গঠন : $H = 11\cdot\%$ $O = 88\cdot9\ \%$

(i) প্রথমে হাইড্রোজেন ও অক্‌সিজেনের পারমাণবিক ওজন দ্বারা হাইড্রোজেন ও অক্‌সিজেনের শতকরা সংখ্যা ভাগ কর। যথা :

$$H = \frac{11\cdot1}{1} = 11\cdot1 \; ; \quad O = \frac{88\cdot9}{16} = 5\cdot55$$

অর্থাৎ জলের হাইড্রোজেন ও অক্‌সিজেন পরমাণুর অনুপাত সংখ্যা

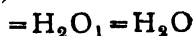
$$= 11\cdot1 : 5\cdot55$$

(ii) 5·55 সবচেয়ে কম সংখ্যা। সুতরাং এই সংখ্যা দ্বারা দুইটি অনুপাত সংখ্যাকে ভাগ কর। যথা:

$$\text{হাইড্রোজেন}=\frac{11\cdot1}{5\cdot55}=2\,;\quad \text{অক্সিজেন}=\frac{5\cdot55}{5\cdot55}=1$$

অর্থাৎ জলের মধ্যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত $=2:1$

সুতরাং জলের স্থূল ফর্মুলা (Emperical formula)

$$=H_2O_1=H_2O$$

জলের আণবিক ওজন (mol wt.) $=18$

প্রয়োগিক ফর্মুলা অনুযায়ী জলের আণবিক ওজন হইবে $=(H_2O)x$

অথবা $(H_2O)x=18$;

বা $(1+1+16)x=18$

$\therefore\quad x=1$

সুতরাং জলের ক্ষেত্রে স্থূল ও আণবিক ফর্মুলা এক।

অর্থাৎ, জলের মধ্যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরমাণুর অনুপাত $=2:1$ এবং বাস্তবিকপক্ষে একটি জলের অণুতে আছে 2টি হাইড্রোজেন ও 1টি অক্সিজেন পরমাণু।

(1) Proportion by weight of magnesium and oxygen in magnesium oxide is 3 : 2 ; find its emperical and molecular formula. Molecular wt. of magnesium oxide is 40.

[Mg = 24 ; O = 16]

পরমাণুর সংখ্যার অনুপাতে $Mg:O=\frac{3}{24}:\frac{2}{16}=\frac{1}{8}:\frac{1}{8}=1:1$

সুতরাং ; স্থূল ফর্মুলা $=MgO$

$(MgO)x=$ আণবিক ওজন $=40$; অথবা $(24+16)x=40$

$\therefore\quad x=1$

সুতরাং আণবিক ফর্মুলাও MgO

(2) Proportionate weights of calcium, oxygen and carbon in marble are Ca : O : C = 5 : 6 : 1·5. Determine the emperical formula of marble. (Mol wt. 100)

[Ca = 40 ; C = 12 ; O = 16]

পরমাণুর অনুপাত সংখ্যানুযায়ী

$Ca=\frac{5}{40}=\frac{1}{8}\,;\; O=\frac{6}{16}=\frac{3}{8}$

$$C=\frac{1\cdot5}{12}=\frac{3}{24}=\frac{1}{8}$$

এই সংখ্যা তিনটিকে সর্ব নিম্ন সংখ্যা $\frac{1}{3}$ দ্বারা ভাগ করিলে দেখা যায় :

পরমাণুর সংখ্যানুপাতে Ca : O : C = 1 : 3 : 1

সুতরাং চুনা পাথরের স্থূল ফর্মূলা $CaCO_3$

$(CaCO_3)x$ = আণবিক ওজন = 100 ; অথবা $(40+12+48)x = 100$

$\therefore \quad x = 1$

সুতরাং আণবিক ফর্মূলাও—$CaCO_3$

(3) Percentage weights of carbon and hydrogen in a hydro-carbon are : C = 91·2 % and H = 7·6 % ; find the emperical formula of the hydro-carbon.

[C = 12 ; H = 1]

পরমাণুর সংখ্যার অনুপাতে $C = \frac{91{\cdot}2}{12} = 7{\cdot}6$

,, ,, ,, $H = \frac{7{\cdot}6}{1} = 7{\cdot}6$

সুতরাং $\frac{C}{H} = \frac{7{\cdot}6}{7{\cdot}6} = 1$

অর্থাৎ যৌগের স্থূল ফর্মূলা হইবে CH

(4) The emperical formula of a compound is CH and its molecular weight 78, find out its molecular formula.

যৌগটিতে পরমাণু আছে C : H = 1 : 1 এই অনুপাতে

সুতরাং যৌগটির আণবিক ওজন কার্বন ও হাইড্রোজেনের যুক্ত পারমাণবিক ওজনের গুণ হইবে।

অর্থাৎ $(C+H)x = 78$ বা $(12+1)x = 78$, বা $x = 6$

সুতরাং যৌগটির আণবিক ফর্মূলা হইল—C_6H_6.

(5) In a compound percentages of C = 32, H = 4, and O = 64 ; determine its emperical formula.

পারমাণবিক সংখ্যার অনুপাতে

$C = \frac{32}{12} = 2{\cdot}67$; $H = \frac{4}{1} = 4$; $O = \frac{64}{16} = 4$

পরমাণুর সংখ্যার অনুপাতে C : H : O : : 2·57 : 4 : 4

সবচেয়ে কম সংখ্যা দিয়া ভাগ করিলে :

$C = \frac{2{\cdot}67}{2{\cdot}67} = 1$; $H = \frac{4}{2{\cdot}67} = 1{\cdot}5$ $\quad \frac{4}{2{\cdot}67} = 1{\cdot}5$

দুইটি সংখ্যা এখনও ভগ্নাংশ। তাই, দ্বিগুণ করিয়া C, H, এবং O পরমাণুর অনুপাত-সংখ্যা পাওয়া যায় 2, 3 ও 3

সুতরাং বস্তুটির স্থূল ফর্মূলা = $C_2H_3O_3$

(6) A substance is composed of O = 58·52 % H = 2·44 % S = 39 %; determine the emperical formula of the compound.

পরমাণুর সংখ্যার অনুপাতে

$$O = \frac{58·52}{16} = 3·66\ ;\ \ H = \frac{2·44}{1} = 2·44\ ;\ S = \frac{39}{32} = 1·22$$

এই অনুপাত সংখ্যা কয়টিকে পুর্ণসংখ্যায় রূপান্তরের জন্য সবচেয়ে কম সংখ্যা দিয়া ভাগ করিয়া $O = \frac{3·66}{1·22} = 3\ ;\ H = \frac{2·22}{1·22} = 2\ ;\ \ 2 = \frac{1·22}{1·22} = 1$

অর্থাৎ H : S : O : : 2 : 1 : 3

সুতরাং বস্তুটির ফর্মুলা—H_2SO_3

(7) In a compound of carbon, hydrogen and oxygen weights of carbon and hydrogen are C = 40 % ; H = 6·67 %, Its molecular weight is 180. Determine the molecular formula of the compound.

100 ভাগ বস্তুর মধ্যে আছে 40 ভাগ কার্বন, 6·67 ভাগ হাইড্রোজেন

সুতরাং অক্সিজেন আছে : O = 100 − (40 + 66·7) = 53·33 %

পরমাণুর সংখ্যার অনুপাতে

$$C = \frac{40}{12} = 3·33,\ H = \frac{6·66}{1} = 6\ 66,\ O = \frac{53·53}{16} = 3·53$$

সবচেয়ে কম সংখ্যা দিয়া ভাগ করার পরে C, H ও O-এর অনুপাত দাঁড়ায় $\frac{3·33}{3·33}\ ;\ \frac{6·66}{3·33}\ ;\ \frac{3·33}{3·33}$ বা 1 : 2 : 1

সুতরাং বস্তুটির স্থূল ফর্মুলা হইবে CH_2O

এই বস্তুটির আণবিক ওজন = 180.

সুতরাং, $(CH_2O)x = 180$ বা $(12 + 2 + 16)x = 180$ বা $x = 6$

সুতরাং বস্তুটির ফর্মুলা হইবে = $(CH_2O)_6$ বা $C_6H_{12}O_6$

(8) Percentage composition of a crystalline substance is Mg = 9·76 %, S = 13·01 %, O = 26·01 %, H_2O = 51·22. Determine the emperical formula of the compound.

পরমাণুর সংখ্যার অনুপাতে :

$Mg=\frac{9.76}{24.3}=.4$ $S=\frac{12.01}{32}=.4$

$O=\frac{26.01}{16}=1.6$; $H_2O=\frac{51.22}{18}=2.8$

·4 দিয়া ভাগ করিলে পরমাণুর সংখ্যার অনুপাত দাঁড়ায়

$Mg=\frac{.4}{.4}=1$; $S=\frac{.4}{.4}=1$; $O=\frac{1.6}{.4}=4$; $H_2O=\frac{2.8}{.4}=7$

সুতরাং $Mg : S : O : H_2O :: 1 : 1 : 4 : 7$

তাই বস্তুটির ফর্মূলা হইবে—$MgSO_4, 7H_2O$

9. Carbon monoxide was passed own heated copper oxide which lost 0·413 gm and produced 1·137 gm of CO_2. Find the formula of carbon monoxide.

$CO_2 \rightarrow 12+2\times16=44$

∴ CO_2-এ অক্সিজেনের পরিমাণ

44 গ্রাম CO_2-এ অক্সিজেনের পরিমাণ 32 গ্রাম

∴ 1·137 " " " $\frac{32}{44}\times1.137$

$=0.827$ গ্রাম

সুতরাং CO_2-কার্বনের পরিমাণ

$=1.137-0.827=0.310$ গ্রাম

কার্বন মনোকসাইডে কার্বনের পরিমাণ CO_2-এর সম মাত্রিক অর্থাৎ 0·310 গ্রাম

কার্বন মনোকসাইডে অক্সিজেনের পরিমাণ

$=0.827-0.413=0.414$ গ্রাম

সুতরাং কার্বন মনোকসাইডে

$C : O=0.310 : 0.414$

∴ $C=\frac{.310}{12}=0.258$

$0=\frac{0.414}{16}=0.258$

অর্থাৎ $C : O=1 : 1$ ∴ কার্বন মনোকসাইডের ফর্মূলা $=CO$

10. Two oxides of a metal contains 27·6 % and 30 % oxygen respectively. If the formula of the first oxide be M_3O_4, find that of the second. [C. U. 1944]

প্রথম অক্সাইডে O = 27·6 % ∴ M = 72·4 %

যদি M-এর পারমাবিক ওজন ধরা হয় x ;

ইহাদের শতাংশ ওজনকে পারমাণবিক ওজন দিয়া ভাগ করিলে :

$$M : O = \frac{72{\cdot}4}{x} = \frac{27{\cdot}6}{16} = \frac{\text{M-এর পরমাণুর সংখ্যা}}{\text{O-এর পরমাণুর সংখ্যা}} = \frac{3}{4}$$

[কারণ ইহার ফর্মূলা = M_3O_4]

∴ $x = 56$; অর্থাৎ M-এর পারমাণবিক ওজন = 56

দ্বিতীয় অক্সাইডে M = 70 % ; O = 30 %

ইহাদের শতাংশকে পারমাণবিক ওজন দ্বারা ভাগ করিলে

$$M = 70/56 = 1{\cdot}25$$

$$0 = \tfrac{30}{16} = 1{\cdot}87$$

অথবা $M : O = 1{\cdot}25 : 1{\cdot}87 = \frac{1{\cdot}25}{1{\cdot}25} : \frac{1{\cdot}87}{1{\cdot}25} = 1 : 1{\cdot}5$

∴ $M : O = 1 : 1{\cdot}5 = 2 : 3$

সুতরাং দ্বিতীয় অক্সাইডের ফর্মূলা = M_2O_3

11. 1·0 gm of a compound contain 0·262 gm of nitrogen, 0·075 gm of hydrogen and 0·663 gm of chlorine. Find its simplest formula. [Cl = 35·5]

[H. S. 1962 (comp)]

1·0 gm যৌগে যদি 0·262 gm N, 0·075 gm H

এবং 0·663 gm Cl থাকে, তাহা হইলে শতাংশে

N = 26·2 %

H = 7·5 %

Cl = 66·3 %

এই শতাংশ সংখ্যাকে ইহাদের পারমাণবিক ওজন দ্বারা ভাগ করিলে পাওয়া যায়

$$N = \frac{26{\cdot}2}{14},\ H = \frac{7{\cdot}5}{1},\ Cl = \frac{66{\cdot}3}{35{\cdot}5}$$

অথবা N = 1·87, H = 7·5, Cl = 1·86

ইহাদের ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দ্বারা ভাগ করিলে,

$$N = \frac{1{\cdot}87}{1{\cdot}86} = 1\ ;\ H = \frac{7{\cdot}5}{1{\cdot}86} = 4\ ;\ Cl = \frac{1{\cdot}86}{1{\cdot}86} = 1$$

সুতরাং ইহার স্থূল ফর্মূলা $N_1H_4Cl_1$ বা NH_4Cl

12. A salt has the following percentage composition :

Na—27·38, H—1·19, C—14·29, O—57·40

Find its simplest formula [Na=23]

ইহাদের শতাংশকে পারমাণবিক ওজন দ্বারা ভাগ করিলে

$$Na=\frac{27·38}{23}=1·19\ ;\ H=\frac{1·19}{1}=1·19\ ;\ C=\frac{14·29}{12}=1·19\ ;$$

$$O=\frac{57·40}{16}=3·58$$

ইহাদের ক্ষুদ্রতম সংখ্যা দ্বারা ভাগ করিলে

$$N=\frac{1·19}{1·19}=1\ ;\ H=\frac{1·19}{1·19}=1\ ;\ C=\frac{1·19}{1·19}=1\ ;\ O=\frac{3·58}{1·19}=3$$

সুতরাং লবণের সরলতম ফর্মূলা $NaHCO_3$.

5. সমীকরণের সহায়তায় রাসায়নিক গণনা

সমীকরণের (Equation) সহায়তায় রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে কিরূপ যৌগের অণু গঠিত হয় এবং কত পরিমাণে গঠিত হয় তাহা জানা যায়। এই সমীকরণের সাহায্যে বিক্রিয়ার আগে ও পরের যৌগসমূহের পরিমাণ নির্ধারণ করা যায়।

(1) What will be the amount of sulphur dioxide obtained be burning 5 grams of sulphur.

গন্ধক ও অক্সিজেনের রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমীকরণ : $S+O_2=SO_2$

আণবিক ওজন $=32+16\times2=64$

অর্থাৎ 32 গ্রাম গন্ধক 64 গ্রাম সালফার ডাই-অক্সাইড তৈরী করে।

সুতরাং, 5 গ্রাম গন্ধকে $\frac{64}{32}\times5=10$ গ্রাম সালফারডাই-অক্সাইড পাওয়া যাইবে।

(2) How much hydrogen and oxygen will be necessary for preparing 100 gms of water ?

জলের সমীকরণ $2H_2+O_2=2H_2O$

অর্থাৎ $2\times2+2\times16=2(2+16)$ বা $4+32=36$

অর্থাৎ 36 গ্রাম জল তৈরী করিতে হাইড্রোজেন প্রয়োজন = 4 গ্রাম

100 " " " " " " $=\frac{4}{36}\times100$

$=11\cdot1$ গ্রাম

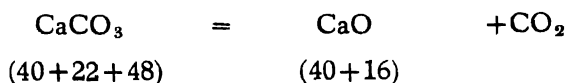
এবং 100 গ্রাম জল তৈরী করিতে অক্সিজেন প্রয়োজন $=\frac{32}{36}\times100$

$=88\cdot9$ গ্রাম

সুতরাং হাইড্রোজেন প্রয়োজন $=11\cdot1$ গ্রাম এবং অক্সিজেন প্রয়োজন $=88\cdot9$ গ্রাম।

(3) How much lime will be obtained by calcining 50 gms of marble ?

চুনা পাথর $=CaCO_3$: চুন $=CaO$

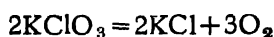
চুনা পাথর পোড়াইয়া চুন তৈরী হয়। এই বিক্রিয়ার সমীকরণ :

	$CaCO_3$	=	CaO	$+CO_2$
	$(40+22+48)$		$(40+16)$	
বা	100		56	

অর্থাৎ 100 গ্রাম চুনা পাথরে চুনা পাওয়া যায় = 56

সুতরাং 50 " " " " " " $\frac{56}{100}\times50=28$ গ্রাম।

(a) How much potassium chlorate will be required to produce 10 gms of oxygen ?

রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমীকরণ :

$2KClO_3=2KCl+3O_2$

পটাসিয়াম ক্লোরেট $=2(39+35\cdot5+48)=245$

অক্সিজেন $=3\times32=96$

অর্থাৎ 96 গ্রাম অক্সিজেন তৈরী করার জন্য দরকার পড়ে 245 গ্রাম $KClO_3$

সুতরাং 10 গ্রাম অক্সিজেন তৈরী করার জন্য

দরকার হইবে $\frac{245}{96}\times10=25\cdot52$ গ্রাম $KClO_3$

(5) How much iron will be produced by smelting 100 tons of ore (Fe_2O_3) ?

লোহার কাঁকরের ফর্মুলা $= Fe_2O_3$

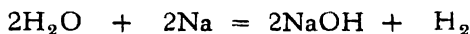
লোহার অক্সাইডের আণবিক ওজন $= 56 \times 2 + 3 \times 16 = 160$

এই 160 টন কাঁকরের মধ্যে আছে $56 \times 2 = 112$ টন লোহা

সুতরাং 100 টন কাঁকরের মধ্যে পাওয়া যাইবে $= \frac{112}{160} \times 100 = 70$ টন।

(6) How much caustic soda will be produced by 10 gms of sodium reacted with water ?

সোডিয়াম ও জলের বিক্রিয়ার সমীকরণ :

$$2H_2O + 2Na = 2NaOH + H_2$$

$$2 \times 23 \quad\quad 2(23+16+1)$$

$$= 46 \quad\quad = 80$$

46 গ্রাম সোডিয়াম তৈরী করে 80 গ্রাম ক্ষার

∴ 10 ,, ,, ,, $\frac{80}{46} \times 10 = 17{\cdot}39$ গ্রাম ক্ষার।

(7) How much zinc and sulphuric acid are necessary for producing 10 gms. of hydrogen ?

সমীকরণ : $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$

$$65{\cdot}4 \quad\quad 2+32+64 \quad\quad 2$$

$$= 98$$

2 গ্রাম হাইড্রোজেনের জন্য প্রয়োজন 65·4 গ্রাম জিংক

∴ 10 ,, ,, ,, $\frac{65{\cdot}4}{2} \times 10$

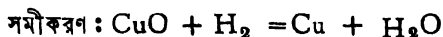
$= 327$ গ্রাম জিংক

2 গ্রাম হাইড্রোজেনের জন্য প্রয়োজন 98 গ্রাম সালফিউরিক অ্যাসিড।

∴ 10 ,, ,, ,, ,, $\frac{98}{2} \times 10$,, ,,

$= 490$ গ্রাম অ্যাসিড।

(6) How much water will be produced by passing hydrogen in 318 gms of copper oxide ?

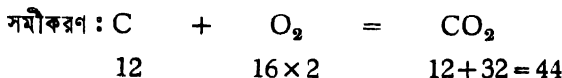
সমীকরণ : $CuO + H_2 = Cu + H_2O$

79·5 18

79·5 গ্রাম কপার অক্সাইড হইতে জল পাওয়া যায় = 18 গ্রাম

∴ 318 " " " " " " " $= \frac{18}{79 \cdot 5} \times 318 = 72$

(9) How much carbon dioxide will be produced by burning 10 gms of carbon ?

সমীকরণ : $C + O_2 = CO_2$

12 16×2 12+32=44

12 গ্রাম অঙ্গারে পাওয়া যায় 44 গ্রাম CO_2

∴ 10 " " " $\frac{44}{12} \times 10 = 36·6$ গ্রাম CO_2

Questions to be discussed

1. What are the meaning of 65% HNO_3 and 20% H_2SO_4 ?

2. Find the weight of 100 c. c. of sulphuric acid of specific gravity 1·8. [Ans. 180 gms.]

3. Find the weight of 20% sodium chloride solution of specific gravity 1·2 that will give 1 gm of sodium chloride on evaporation ?

4. A mixture of Cu_2O and CuO contains 88% of Cu. Find the composition of the two oxides. [Ans. Cu_2O = 90% ∴ CuO = 10%]

5. Find the percentage composition of water of crystallisation in (i) Na_2Co_3, $10H_2O$, (ii) green vetriol ($FeSO_4$, $7H_2O$) and (iii) H_2SO_4.

Ans. :—(i) 62·98 : (ii) Fe—20·1% ; S—11·5% ; 28·0% ;
H_2O—15·82% ; (ii) H = 2·489% S = 39·024 :
O = 58·587

6. When hydrogen is passed through a bulb containing red-hot CuO the loss in weight of the bulb is 20·86 gms. The water formed during the reaction is absorbed by the calcium chloride tube, the weight of which is increased by 22·90 gms. Calculate the percentage composition of water from the results of the experiment. [Ans. H—11·1% ; O—88·8]

7. Calculate the simplest formula of any one of the substance having percentage composition :

(a) Mg = 9·75, S = 18·01 water of crystallisation = 51·22

(b) Fe = 20·14 ; O = 28·04 ; S = 11·5 ; H_2O = 45·42. [Patna, 1920]

(c) Na = 14·81 ; S = 9·97 ; H = 6·25 ; N = 69·47. Assume that all the hydrogen in the compound is present in combination with oxygen as water of crystallisation.

(d) O = 58·52 ; H = 2·48 ; S = 89 [Cal. 1901]

Ans. (a) $MgSO_4, 7H_2O$; (b) $FeSO_4, 7H_2O$;
(c) $Na_2SO_4, 10H_2O$; (d) H_2S_2O

8. Percentage composition of a substance is :
C = 40% H = 6·67% ; Its molecular weight is 180. Find the molecular formula of the substance. [Ans. $C_6H_{12}O_6$] [Cal. 1988]

9. An oxide of copper gave the following result : 88·8 parts of copper and 11·2 parts of oxygen by weight. Find the formula of the copper oxide. [Ans. Cu_2O]

10. On dehydration 12·825 gm of $MgSO_4$ loses 6·806 gms of water. Determine the formula of the crystal. [Ans. $MgSO_4, 7H_2O$]
[Ban. U. 1927]

11. How much sulphuric acid is necessary to convert 100 gms of chalk to calcium sulphate ? How much calcium sulphate will be produced ?
[Ans. 98 and 186] [C. U. 1910]

12. How much iron is necessary to be oxidised by 18 grams of steam ?
[Ans. 42 gms.] [Cal. 1904]

13. 1·84 gms of a mixture of $CaCO_3$ and $MgCO_3$ is strongly heated till no further loss of water takes place. The residue weighs 96 gms. Find the percentage composition of the mixture, [All—1989]

[Ans. $MgCO_3$ = 45·65% ; $CaCO_3$ = 54·35%]

14. How much hydrogen will be obtained by treating 6 gms of magnesium in HCl ? [Ans. ·5 gms]

15. You are given 1 gm of each of the following substances. What will happen on strongly heating these substances and what will be the change in weight in each case ?

(a) $KClO_3$, (b) Mg and (c) chalk. [Cal. 1915]
Ans.—(a) Loss of wt. by ·39 gm (b) gain is not by ·66 gm (c) Loss of wt. by ·44 gm.

16. How much phosphorus will be burnt to remove oxygen from 500 gms of air ? What will be the weight of the remaining gas ? Air contain 23% of oxygen by weight. [Ans. 89·125 grams of Phosphorus ; 385 gms of Nitrogen] [Cal. 1915]

17. 80 grams of $KClO_3$ is heated to produce oxygen. Hydrogen is generated by the action of H_2SO_4 on zinc. What weight of zinc will be required to generate sufficient hydrogen to completely combine with the oxygen obtained from the $KClO_3$? [K=39, Zn=65 : Cl=35·5]

[Ans. 47·75 grms]

18. Density of a KOH solution is 0·288. How many c. c. of this solution would contain 100 gms of KOH ? [Ans. 420 c. c.]

19. What is the weight in grams of 25 c. c. of a salt solution whose specific gravity is 1·45 ? [Ans. 36·2 gm]

20. A hydrochloric acid solution has a sp. gr. of 1·19 and contains 39·8 per cent by wt. of pure HCl. How many c.c. of this will contain 100 gms of pure HCl ? [Ans. 211 c. c]

21. Determine the wt. in grams of pure NaOH in 5 litre of the solution which has a sp. gr. of 1·15 and contains 14 per cent by wt. of pure NaOH. How much in c.c of this NaOH solution will contain 20 gram of pure NaOH ?

[Ans. 805 gm : 128 c c.]

22. A nitric acid solution has specific gravity of 1·25 and contains 39·8 per cent by wt. of pure HNO_3. What weight in grams of pure HNO_3 is contained in 100 c.c. of the solution ? [Ans. 49·8 gram]

23. What is the percentage of CaO in $Ca(OH)_2$? At. wt. of Ca=40 ; O=16, H=1. [Ans. 75·7%]

24. The formula of blue vitriol is $CuSO_4, 5H_2O$. Calculate percentage of (a) $CuSO_4$ and water of crystallisation. At wt. of Cu=63·5, S=32, O=16.

[Ans. 63·9% of $CuSO_4$, in $CuSO_4, 5H_2O$ and 36·1% of H_2O in $CuSO_4, 5H_2O$]

25. Calculate the percentage of iron in (a) FeO, (b) Fe_2O_3 and (c) Fe_3O_4.

[Ans. (a) 77·7% (b) 69·9% (c) 72·3%]

26. What is the percentage of water of crystallisation in (a) $CaCl_2, 6H_2O$ and KCl, $MgCl_2, 6H_2O$? [Ans. 49·3%, 38·8%]

27. Derive the formula of the compound which contain 46·56% iron and 53·44% sulphur. At wt of Fe=58·8, S=32%. [Ans. Fe_2S_3]

28. The percentage composition of a gaseous hydrocarbon is 85·62 per-cent carbon and 14·38 per cent hydrogen. The density of the gas is 1·26 at N. T. P. Determine the molecular formula of this hydrocarbon.

[Ans. CH_2]

29. Calculate the simple formula of a substance which contains in per centage amount C—40, H—6·70 and O—53·30 parts. At wt of C=12, O=16, H=1. [Ans. $C_2H_4O_2$]

80. A hydrocarbon contain 92·252 per cent of carbon and 7·748 per cent of hydrogen. Derive the empirical formula of this hydrocarbon. If its molecular wt. is 78, what would be its exact formula ?

81. A mixture of cuprous and cupric oxide was found to contain 88% of Cu. Calculate the proportions of the two compounds in the mixture taking the of wt. of Cu to be 64. [Nag. 1932] [Ans Cu_2O 90% ; CuO 10%]

82. Calculate P_2O_5 in Calcium phosphate [$Ca_3(PO_4)_2$] [Ans. 45·8%]

83. Find the percentage of phosphorous in Calcium phosphate and calculate the weight of phosphoric acid which may be obtained from 1 ton (2240 lbs) of Calcium phosphate. [Ans. 20% ; 1416 lbs]

84. Calculate the formula (simplest) of the substances having the following percentage compositions.

(a) Fe = 20·14, O = 23·64, S = 11·5, H_2O = 44·82

(b) C = 33·78, H = 4·72, N = 18·17, Cl = 33·34

[Patna 1920 : Cal 1915]

[Ans. $FeSO_4$, 7 H_2O ; C_3H_5.NClO]

85. A compound containing Na, S, O and H gave on analysis the following result :

Na = 14·31 : S = 9·97 ; H = 6·25 ; O = 69·47

Calculate the formula of the compound on the assumption that hydrogen and oxygen are present as water of crystallisation. [Cal 1918]

(Ans. Na_2SO_4, 10 H_2O)

86. An oxide of copper gave the following result : 88·8 parts of Copper and 11·2 parts of oxygen by weight. What is the formula of the oxide ?

(Bombay, 1916) (Ans. Cu_2O)

87. 1·5 gms of a hydrated calcium chloride has left behind 0·76 gm of the anhydrous salt. Calculate the percentage of water present and also the numbers of molecules of water of crystallisation in one molecule of the anhydrous salt. (Ans. 49·34% ; 6) [Cal. 1921]